

Ing. Herbert Pitlik

**BAUSTELLE
CHEOPS
PYRAMIDE**

**aus der Sicht eines
Bauleiters**

2002

Inhalt

Vorwort	3
Meinungen und Lösungen zu Themen	4
Maße - Teilungssysteme - Winkel	6
Herstellung der Pyramidenwinkel nur mit einer Schnur ?	9
Pyramidenwinkel und Stabilität	11
Teilungssysteme - Unterteilung der Elle	13
Die Interpretation nach Rhind und Borchart	14
Teilungen der bekanntesten Ellenmaßstäbe	16
Bau- und Nutzholz - Wassertransporte	19
Bau- und Nutzholz aus dem Libanon ?	20
Praktisches Beispiel zu Transport am Wasserweg	21
Schiffstransporte am Nil	22
Standortwahl und Massen	27
Gelände und geologische Schichten	28
Steinmaterialgewinnung im Bereich der Pyramiden	30
Erforderliche Mengen	35
Materialbedarf - Mengentabelle	36
Rampen und Materialtransporte	37
Hochfördern der Lasten und Mengen	38
Transportgeräte	40
Förderrampen	41
Anlage der Rampen	43
Verkleidung von oben nach unten ?	44
Bau- und Nutzholzbedarf	45
Schacht- und Tunnelarbeiten	48
Baustelleneinrichtung und Betrieb	49
Bauzeit und Leistung	50
Leistungsansätze in Mann/Arbeitstagen	52
Verhältnis Bauzeit zur erbringenden Leistung	53
Leistung nach Bauabschnitten	56
Arbeiterbedarf - Zusammenstellung	61
Variante zur Bauplanung	63
Arbeitsablauf und Planung	66
Warum werden Großbauten errichtet ?	69
War die Cheopspyramide mit Turastein verkleidet ?	70
Der „Schaukelaufzug“	73
Nachwort	76

VORWORT

Mit den folgenden Überlegungen möchte ich weder andere Autoren kritisieren noch ihre Verdienste schmälern, denn jeder hat einen Teil seiner Lebenszeit und sicher auch finanzielle Mittel aufgewendet, um Erkenntnisse aus seiner Sicht zum Nutzen der Sache einzubringen und nachfolgenden Forschern auch diese Gedankengänge zugänglich zu machen. In diesem Sinne soll auch diese Abhandlung verstanden werden.

Als Bauleiter mit jahrzehntelanger Baustellenerfahrung im Straßen- u. Tiefbau auf großteils schwierigen Baustellen, als auch auf solchen mit überdurchschnittlichen Materialbewegungen, erschien es mir zumindest verlockend, mich mit der Frage zu beschäftigen :

WIE würde ich den BAU der Pyramiden PLANEN und ORGANISIEREN ?

Dabei möchte ich mich auf rein SACHLICHE Probleme, - PRAKTIKABLE Lösungen mit der entsprechenden ARGUMENTATION und auf die Behandlung von allen WESENTLICHEN Detailfragen beschränken.

Meine Argumente durch LOGISCHERE, EINFACHERE und auch praktisch DURCHFÜHRBARE zu widerlegen sei hiermit jeder, der sich mit den Themen auseinandersetzen möchte, im Sinne der SACHE herzlichst aufgefordert.

Sollten sich durch meine Überlegungen neue Gesichtspunkte ergeben, die als Basis für weitere Forschungen einer jüngeren Generation dienen könnten, ist der Zweck dieser Veröffentlichung voll erfüllt.

Der Verfasser

Meine MEINUNGEN und LÖSUNGEN zu den Themen :

1.) MASZ -, WINKEL - SYSTEME - RICHTUNGEN - ASTRONOMIE

a) Ausrichtung der Pyramiden in N-S Richtung nach dem SONNEN-Stand (Ortsmeridian = Mittel zwischen SONNENAUF- bzw. UNTERGANG) und nicht nach NORD- (Zirkumpolar) Gestirnen.

b) Herstellung der WINKEL nicht nach komplizierten BERECHNUNGEN sondern nur mittels eines Stückes SCHNUR als Verhältnis Bogenstück zu Radius.

c) Die Steigungswinkel der GÄNGE (zur 1. Grabkammer und der Gallerie) entsprechen dem VERHÄLTNIS 1 : 2 (26 Grad 31 Min). - Zusammenhänge mit der ASTRONOMIE wurden (vermutlich in neuerer Zeit) nur INTERPRETIERT.

d) Die NIVELLIERUNG ist nicht durch EINMEISSELN in die (Fels-) Basis und Auffüllung der Mulde mit Wasser erfolgt, sonder durch einen einfachen (in jeder HÖHE verwendbaren) VORLÄUFER der WASSERWAAGE.

e) Die Unterteilung : 1 ELLE = 7 HAND = 28 FINGER ergibt kein sinnvolles SYSTEM. - Die ELLE ist eine vom TEILUNGS-SYSTEM UNABHÄNGIGE EINHEIT. - Brauchbarste und logischste TEILUNG nach dem 12er-System :

1 (Maß-) EINHEIT = 6 HAND je 4 FINGER = 24 FINGER.

2.) BAU - und NUTZHOLZ

a) Das GROS des Bau- und Nutzholzes kam aus dem Gebiet des BLAUEN NIL und wurde auch (in Floßform) zum Transport des (Granit-) Steinmaterials aus ASSUAN (unterhalb des 1. Kataraktes) verwendet.

b) Holz aus dem LIBANON wurde nur für SPEZIELLE Zwecke wie Schiffbau, Mobilar und Ähnlichem (besonders im Bereich UNTER-ÄGYPTEN), - nicht aber als VERBRAUCHS- (Bau und Nutz-) MATERIAL verwendet.

3.) STEINMATERIAL - ENTNAHMEORT

Das GESAMT erforderliche Steinmaterial zum Bau der GIZA-PYRAMIDEN war am BAUORT selbst in weitausreichender Menge und Qualität vorhanden, einschließlich dem der (ANGENOMMENEN Kalkstein-) Verkleidung der CHEOPS-PYRAMIDE. - Ausgenommen davon eine verhältnismäßig GERINGE Kubatur für BESONDEREN (steinmetzmäßig bearbeiteten) INNEN-AUSBAU der Gänge, Kammern, Tempel und dgl., welche unbestritten aus TURA stammen können.

4.) HORIZONTAL- und VERTIKAL - FÖRDERUNG des Steinmaterials.

a) Anwendung des GANGSPILL in Verbindung mit SCHLITTEN auf ROLLHÖLZERN (und Rollbahnen) für ZUG-Leistung (Modell-Versuche). NILSCHLAMM als GLEITSCHICHTE ist nur in DÜNNSCHICHT zwischen zwei harten Flächen anwendbar.

b) RAMPEN INNERHALB der Verkleidung, ca. 12m breit, mit ZWISCHEN-PODESTEN ca. alle 7 Höhenmeter (siehe Grafik) für Kern- Mantel und (von UNTEN aufgebautes) Verkleidungs-Material.

5.) PROBLEM der BELEUCHTUNG und BELÜFTUNG beim Ausschachten des Zuganges zur 1. Grabkammer der CHEOPS-PYRAMIDE.

6.) MAX. EINSATZ an ARBEITSKRÄFTEN : Zwischen 1800 - 3600 MANN (inkl. Verkleidung), bei einer (angenommenen) Bauzeit zwischen 16 und 20 JAHREN.

7.) Der "SCHAUKELAUFGUG" ist nicht als EINZELGERÄT anzusehen, sondern ist sinnvoll nur PAARWEISE (1/3 Methode) in der Praxis einzusetzen.

8.) Pyramiden wurden hauptsächlich aus wirtschaftspolitischen Gründen gebaut.

9.) VERKLEIDUNG der CHEPHREN-PYRAMIDE NACHTRÄGLICH aufgebrachte, unvollendet gebliebene Verkleidung von OBEN nach UNTEN.

10.) SEIL-TECHNIK als Alternative zur normal gebräuchlichen HEBEL-TECHNIK mit dem Vorteil der größeren SICHERHEIT gegen Unfälle, (siehe Skizze) für VERTIKAL zu fördernde Lasten bis rd. 1 to, mit kurzer Hubhöhe, z.B. bei NACHTRÄGLICHER Verkleidung der CHEPHREN-PYRAMIDE von oben nach unten.

Maß- und Teilungssysteme - Winkel

HÖHERE MATHEMATIK - oder nur ein STÜCK SCHNUR ?

Zusammenhänge des Pyramidenbaues mit der Astronomie sind ein sehr beliebtes Thema vieler Publikationen. - Demnach hätten die alten Ägypter bereits enorme MATHEMATISCHE und ASTRONOMISCHE Kenntnisse gehabt haben müssen - wie auch in Fachkreisen allgemein ANGENOMMEN wird. - Aber brauchten sie diese überhaupt?

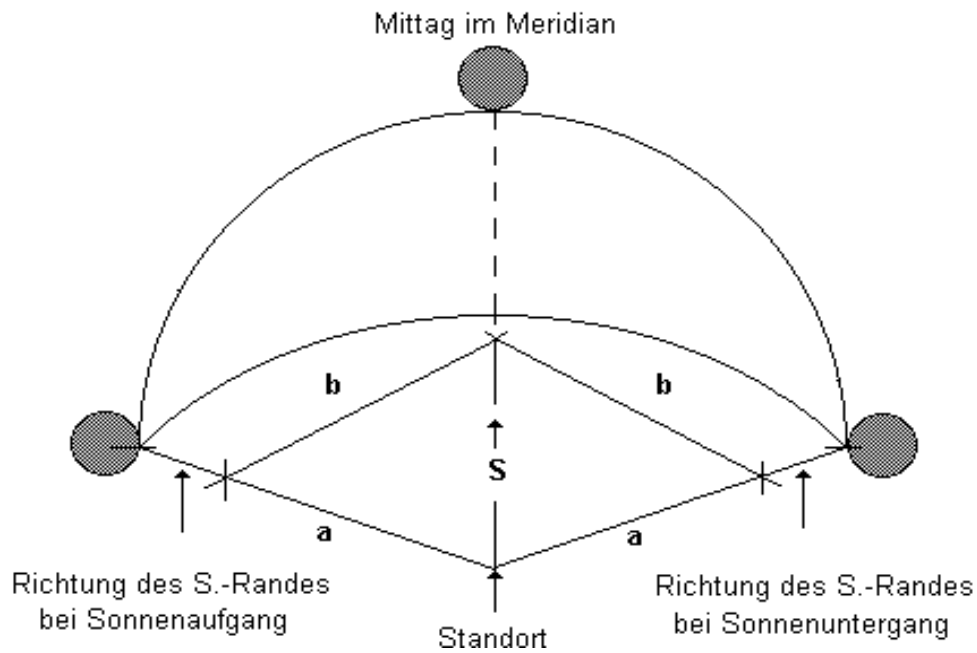
Die einfachste Form einer Fläche ist die mit nur EINER Linie darstellbare Kreisfläche. - Und dazu benötigt man lediglich ein Stück SCHNUR. - Will man diese Fläche gleichmäßig aufteilen, ist es vorerst notwendig, sich für ein TEILUNGS-SYSTEM zu entscheiden. - Die Teilung in 2 gleichmäßige Teile stellt kein Problem dar. - Jeder Winkel läßt sich durch WINKELSYMMETRALE (s.Skizze) einfach teilen.

Trägt man auf den beiden Schenkeln eine GLEICHLANGE Strecke auf und bringt von diesen beiden Punkten aus 2 ebenfalls GLEICHLANGE Schnurlängen zum Verschnitt, ergibt die Verbindung dieses Schnitt-Punktes zum Ausgangspunkt eine Teilungslinie die den Winkel in GLEICHE Teile aufteilt. - Die Teilung eines Halbkreises auf diese Weise ergibt so einen RECHTEN WINKEL.

Durch weitere HALBIERUNGEN entstehen (- 4 - 8 - 16 - 32 Teile) usw.. - Die Teilung erfolgt also nach einem "2er - SYSTEM" und findet z.B. beim STRICH-KOMPASS und bei der Angabe von Himmelsrichtungen Anwendung (s.Skizze). Das Kommando: "2 Strich Steuerbord" (wie Sie es sicher aus Filmen kennen), bezieht sich auf eine Richtungsänderung um 2 Teile einer 32 - teiligen Kompaßrose.

Zur Bestimmung der NORD-SÜD-RICHTUNG (s.Skizze) : Wenn Sie von einem beliebigen Punkt aus jeweils bei SONNENAUF- bzw. beim SONNENUNTERGANG am Horizont die Richtung des äußeren (oder inneren) SONNENRANDES festlegen, mittels SCHNUR zwei gleich lange Strecken abstecken - so erhalten Sie (wie schon beschrieben) durch Winkelsymmetrale einen Punkt, der von Ihrem Standpunkt aus gesehen GENAU in RICHTUNG SÜD liegt und so die NORD-SÜDRICHTUNG festlegt.

Bestimmung der Südrichtung nur mit einer Schnur



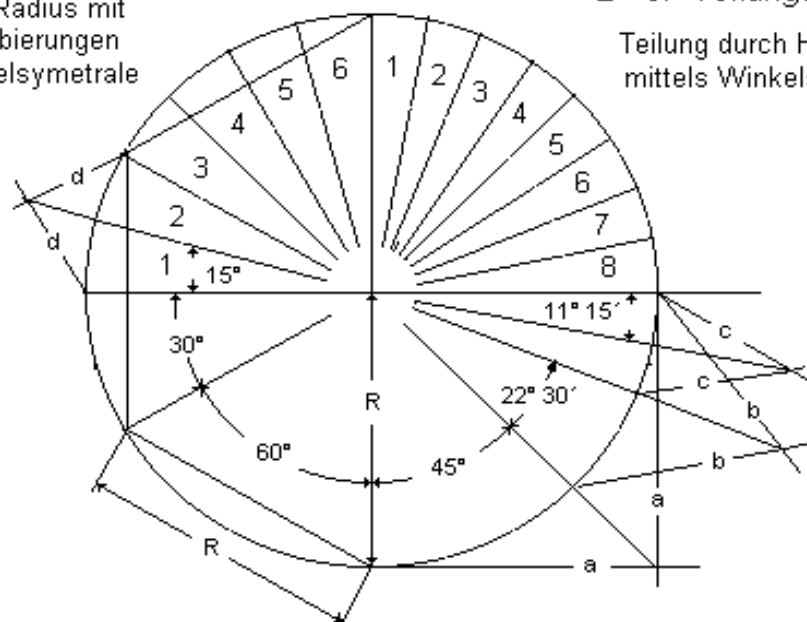
Teilungssysteme und Winkel

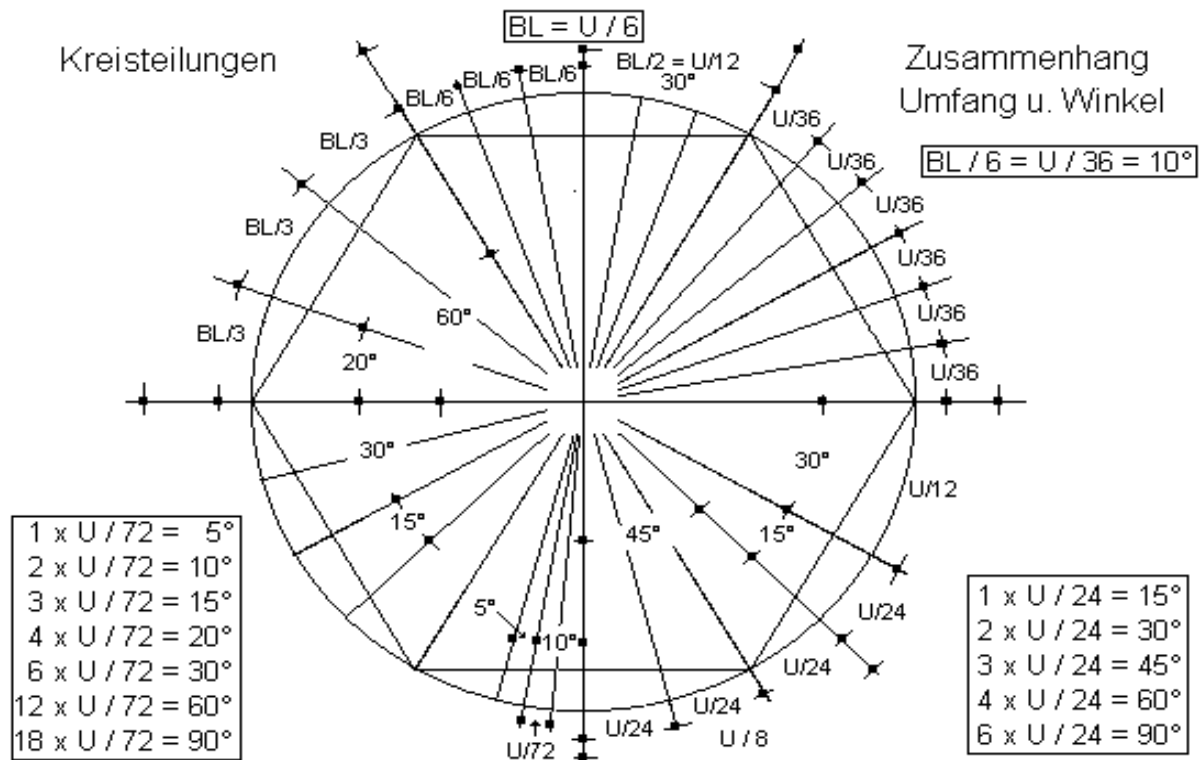
3 - er Teilungssystem

Teilung des Radius mit
weiteren Halbierungen
mittels Winkelsymetrale

2 - er Teilungssystem

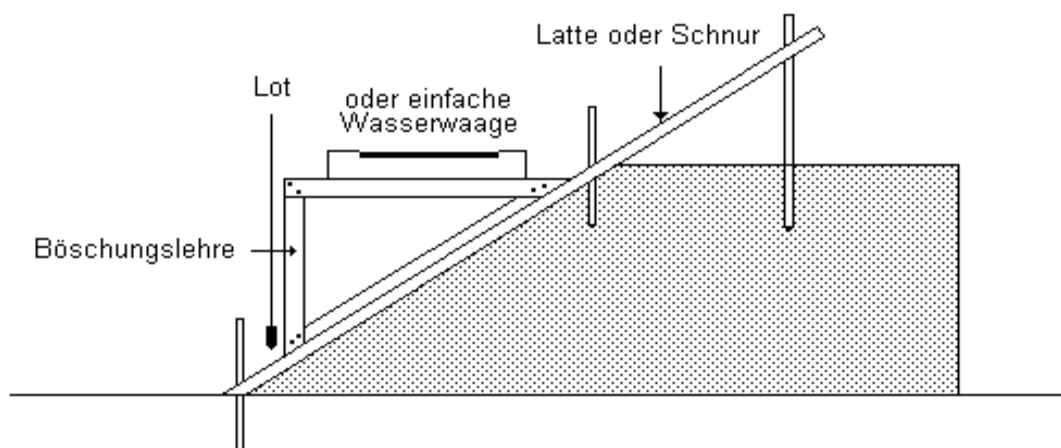
Teilung durch Halbierung
mittels Winkelsymetrale





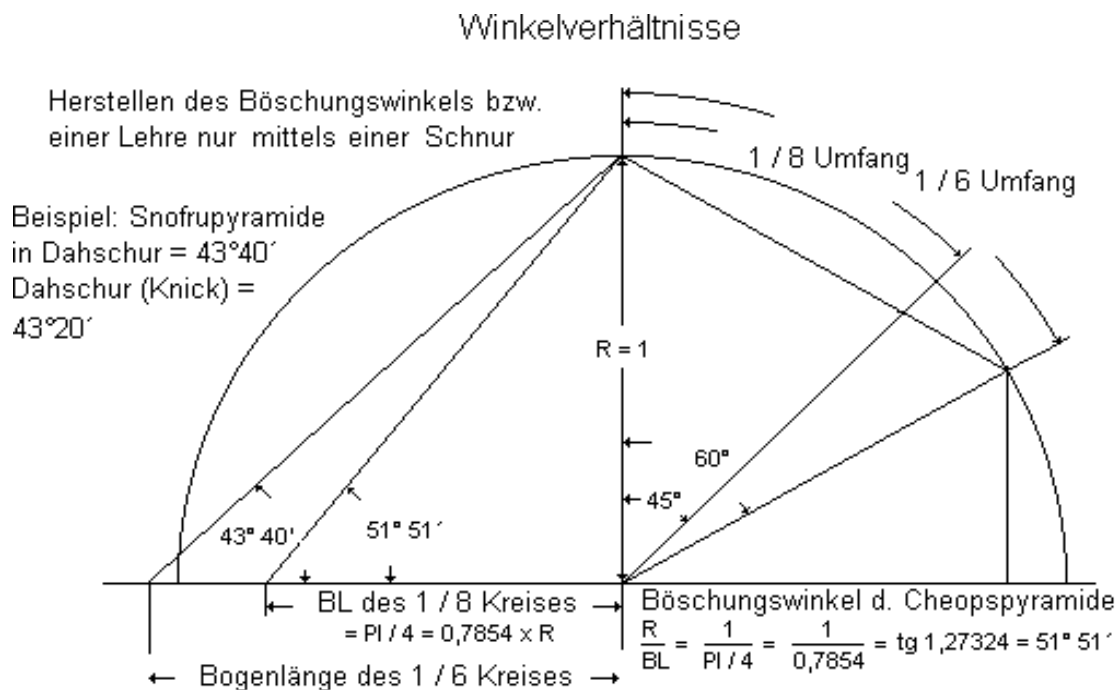
Eine weitere EINFACHE Möglichkeit eine Kreisfläche gleichmäßig aufzuteilen ergibt sich, wenn man nach Teilung der Fläche in 2 Teile von den beiden Schnittpunkten aus die Länge des RADIUS jeweils mit der Kreislinie in Schnitt bringt. Auf diese Weise entstehen 6 GLEICHE Flächen, bzw. Winkel - Also ein 6-er bzw. für den HALBKREIS ein 3er SYSTEM (s.Skizze). - Die kleinste gemeinsame Einheit die für BEIDE SYSTEME gilt ist ein 24-stel. Somit für den HALBEN Kreis 12 TEILE (als Beispiel : 12 Std TAG - 12 Std NACHT).

Herstellen von Böschungen im bestimmten Winkel



Im Strassenbau werden mittels BÖSCHUNGSWINKEL und LOT oder Wasserwaage die Lattenprofile für die Böschungsneigungen z.B. 2:3 hergestellt und diese bei zunehmender Schütthöhe entsprechend verlängert (s. Skizze).

Wie stellt man aber NUR mit einer SCHNUR den BÖSCHUNGSWINKEL für eine Neigung von 51 Grad 51 Min - wie sie bei der CHEOPS-PYRAMIDE und Anderen gemessen wurde her? - EINFACH ! - Das VERHÄLTNIS der BOGEN-LÄNGE des 8-ten Teiles eines Kreises (dies entspricht genau einem Winkel von 45 Grad) zu seinem RADIUS ergibt diesen Winkel von 51 Grad 51 Min (s. Skizze).



VERHÄLTNISSE verschiedener BOGENLÄNGEN zum RADIUS
 (bezogen auf den Halbkreis mit Radius = 1)

Nr.	Verhältnis	tangens	gg mm
1.)	1/8 Kreis-U. zu Radius = $\tan 1/(\pi/4) = 1.27324$		= 51 51
2.)	1/6 Kreis-U. zu Radius = $\tan 1/(\pi/3) = 0.95493$		= 43 40
3.)	Verhältnis 4 (H):3 (L) = $\tan 4/3$		= 1.33333 = 53 08
4.)	1/16 Kreis-U. zu R. = $\tan 1/(\pi/8) = 2.54648$		= 68 34
5.)	Verhältnis 1 (H):2 (L) = $\tan 1/2$		= 0.50000 = 26 34

Vorkommende PYRAMIDEN-WINKEL (lt. Schüssler)

Pyramide	ggmm vgl	Pyramide	ggmm vgl
Giza (Cheop)	51 52 (1)	Giza (Mykerinos)	51 20 (1)
Medum (Huni/Snofru)	51 52 (1)	Sakkara (Userkaf)	51 41 (1)
Sakkara (Ibi)	52 11 (1)	Sakkara (Djedkare)	51 50 (1)
Abusir (Niuserre)	51 50 (1)		
Dahschur (Snofru)	43 40 (2)	Dahschur (Knick)	43 20 (2)
Sakkara (Unas)	53 00 (3)	Sakkara (Teti)	53 00 (3)
Sakkara (Pepi I)	53 00 (3)	Sakkara (Pepi II)	53 00 (3)
Giza (Chephren)	53 08 (3)	Abusir (Neferirkare)	53 00 (3)
Kurru (Piye)	68 00 (4)	Nuri (Taharko)	68 00 (4)
CHEOP (Abg. zu 1. Grabkammer und Galerie-Aufgang)			26 31 (5)

*

Bisher brauchten wir weder einen Maßstab, noch Rechenkenntnisse, sondern nur ein Stück SCHNUR und - eine UNKOMPLIZIERTE Denkweise.

Wie leicht zu erkennen, hatten die Ägypter auch OHNE komplizierte RECHENMETHODEN die Möglichkeit, jederzeit und in jeder Größe (die den heute meß- und errechenbaren Winkeln entsprechenden) WINKEL - LEHREN auf eine EINFACHE Weise OHNE besondere Hilfsmittel herzustellen. - Die praktische Feststellung einer Bogenlänge mittels Schnur bedarf sicher keiner näheren Erklärung.

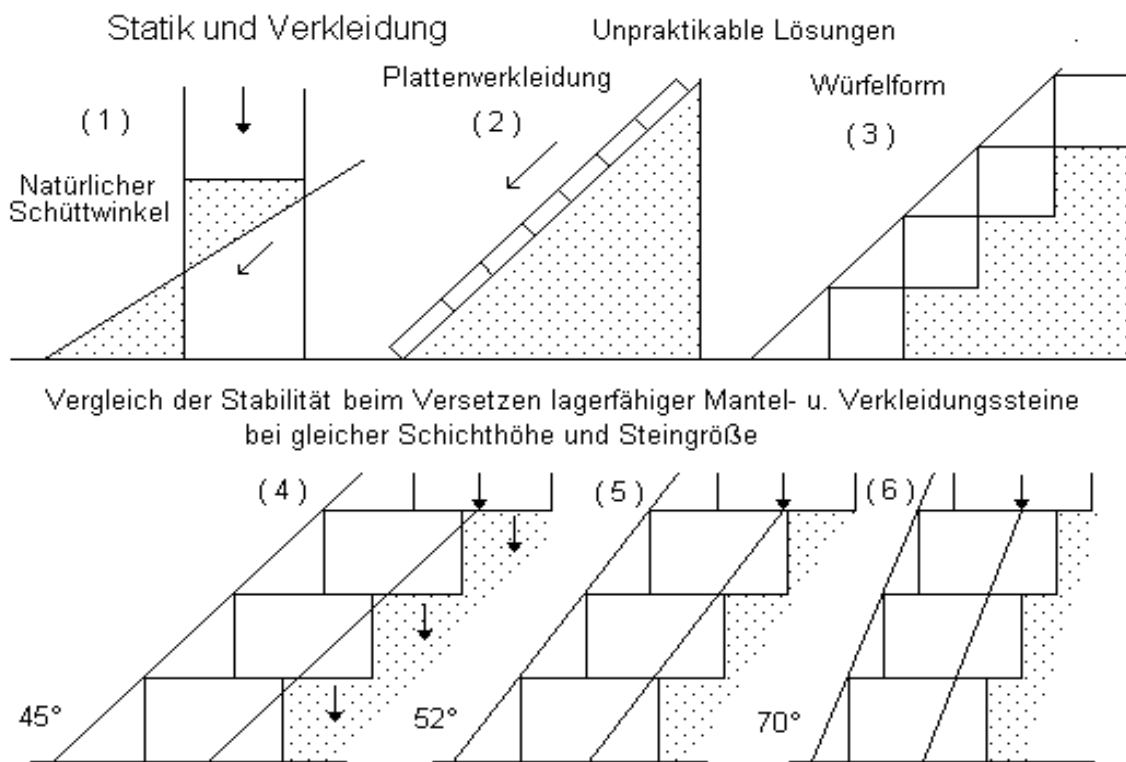
Ich habe versucht einen möglichen Grund zu finden, warum immer wieder ein ALPHA DRACONIS (vermutlich wurde dieses Gestirn als NÖRDLICHSTES mit ALPHA angenommen, was allerdings auch nicht richtig wäre, denn mit ALPHA wird jeweils das hellste Gestirn eines STERNBILDES bezeichnet) - und manchmal auch RIGEL im ORION, als BEWEIS für astronomische Zusammenhänge angeführt wird.

Eine simple Erklärung bietet sich an : Steht man an der Südseite der Pyramide und blickt in Richtung NORD zur Spitze, so ist der NÖRDLICHST gelegene Stern des DRACHEN der EINZIGE, der bei seinem Durchgang in dieser Linie liegt. - Das Gleiche gilt für RIGEL, jedoch in SÜD-Richtung - wie Ihnen jeder Astronom bestätigen wird. - Doch dies alles hat nichts mit MATHEMATISCHEN oder ASTRONOMISCHEN BERECHNUNGEN zu tun.

WINKEL und STABILITÄT

Bisher wurde zwar das Zustandekommen des Verhältnismaßes und des daraus resultierenden Neigungswinkels erklärt, aber nicht, WARUM nicht z.B. einfach ein Winkel von 45 Grad oder das Verhältnis 1:1 gewählt wurde. Dazu einige Überlegungen :

Beim Aufschütten loser Materialien entsteht zwischen der Basisebene und der Oberfläche der Schüttung ein Winkel (Schüttwinkel). Dieser ist vom Wert der inneren Reibung des jeweiligen Materials abhängig und beträgt für SAND etwa 30 - 35 Grad, was einem Verhältnis H:GL von rd. 2:3, bzw. bei Bruchsteinschotter rd. 45 Grad oder 1:1 entspricht. (1)



Um die Oberfläche eines aufgeschütteten Kegels (oder einer Pyramide) gegen Erosion zu schützen, ist die Aufbringung festerer Materialien wie z.B. Stein-Blöcke oder Platten erforderlich.

Parallel zur Oberfläche aufgelegte Platten würden durch das Gewicht der Platten eine resultierende Kraft ergeben, die sich entlang der (Gleit-) Oberfläche auswirkt und (besonders am Böschungsfuß) Druckkräfte entstehen lassen würde, die zu Verformungen der Oberfläche führen können. (2)

Eine Verzahnung durch waagrecht aufgesetzte Steinblöcke in Form einer Mauerung könnte Abhilfe gegen ein Abgleiten schaffen, wobei das (spez.) Gewicht des Mauerungs-MATERIALES im Zusammenhang mit dem Mauerungs-WINKEL von wesentlicher Bedeutung ist. - Je schwerer das Mauerwerk (z.B. STEIN), umso mehr Widerstand gegen den seitlichen Druck bei flacherem Schüttwinkel (des Füllmaterials) als der Mauerwinkel.

Ein leichteres Mauerwerk wie z.B. NILSCHLAMM-ZIEGEL, würden bei gleichem Seitendruck und gleicher Mauerstärke natürlich auch weniger Widerstand bieten und damit das Bauwerk gefährden.

Dies dürfte auch der Grund sein, daß viele mit (zu wenig starkem) Ziegelmauerwerk als Erosionsschutz versehenen Pyramiden durch NACHSETZUNGEN infolge langjähriger Witterungseinflüsse wie sie bei allen Schüttungen (mehr oder minder) auftreten, deformiert wurden bzw. eingestürzt sind.

Gehen wir (gedanklich für die Cheops-Pyramide) davon aus, daß wir zur Schüttung des Kerns Steinbruchmaterial mit einem inneren Reibungswinkel von 45 Grad zur Verfügung hätten und dieses mit (wegen der Verzahnung) horizontal gelagertem Steinblock-Mauerwerk gegen Erosion (in geometrischer Form) sichern wollten. Blocksteine in Würfelform (3) wären dafür nicht geeignet.

Nach Vorstehendem würde ein Mauerungswinkel von 45 Grad dem Schüttwinkel von 45 Grad entsprechen. Beim Versetzen der Steine in der Praxis ergibt sich aber ein Problem.

Wie in der Beilage als Beispiel dargestellt würde der Schwerpunkt bei gleichen Blockmaßen bei einem Winkel von 45 Grad im labilen Bereich liegen und das Versetzen wesentlich erschweren (4).

Ein steilerer Mauerungswinkel (z.B. 67 Grad) aber würde die Pyramide, entgegen dem eigentlichen Zweck, nur unnötig erhöhen und überdies den SEITENDRUCK (durch den flacheren Schütt-Winkel des Füllmaterials) mit zunehmender Höhe wirksam werden lassen (6).

Um nun beide Probleme zu lösen wäre ein Mauerungswinkel zu wählen, der nur ETWAS steiler ist als der des Füllmaterials - und jederzeit durch einen einfach, in jeder Größe herstellbaren "Böschungswinkel" darstellbar ist.

Noch ein Gedanke zur Größenordnung bei Abweichung eines Winkels vom Lot. Bei Verwendung des bei vielen anderen (früher?) errichteten Pyramiden nach dem einfachen Verhältnis 4:3 (= rd. 53 Grad) wäre die Cheops-Pyramide nur um rd. 6m höher, aber im Volumen um rd. 100.000 m³ größer. Auch ohne die Masse zu errechnen, läßt sich durch einfaches Aufzeichnen eine wesentliche Mehrung der Massen erkennen. Ein Grund, um ein Verhältnismaß zu finden, das auch diese Überlegung einbezieht.

Wie leicht erkennbar, liegt der Schwerpunkt bei Verwendung des vorerklärten Verhältnis-maßes innerhalb der Aufstandsfläche. Also in einem stabilen Bereich beim VERSETZEN der Blöcke (5) und wird auch den anderen Kriterien gerecht.

Es scheint nach Vorstehendem sehr wahrscheinlich, daß diese einfachen, empirisch gewonnenen Überlegungen der Festlegung des vorzitierten Verhältnismaßes beim Bau der GIZA-PYRAMIDEN vorangegangen sind.

*

TEILUNGS-SYSTEME - Unterteilung der ELLE

Gebräuchliche, auf den menschlichen Körper bezogene Maßeinheiten wie FUSS, HAND, FINGER und dgl. konnten, auch bei einer REGIONALEN EINHEITLICHEN Festlegung (nur als Beispiel: Fußlänge des Herrschers), nicht mit denen anderer Regionen direkt verglichen werden.

Unumgänglich aber ist die jeweilige TEILBARKEIT eines Maßes aufgrund eines TEILUNGS - SYSTEMS. - Wie schon besprochen, gibt es die SYSTEME 2 - 4 - 6 - 12 usw., bzw. seit der Blütezeit der GRIECHEN und RÖMER das, (zur Zeit des Pyramidenbaues noch nicht gebräuchliche), 10er - (Dezimal-) SYSTEM.

Nachstehend sind zum besseren Verständnis eine Anzahl von (teilweise noch HEUTE verwendeten) NICHT-METRISCHEN Längenmaßen aus der Zeit um 1800 n.C. zum Vergleich angeführt.

Deutschland (Preußen)

1 Pr.FUSS = 12 Pr.ZOLL = 0,31385 m
 1 Pr.ZOLL = 12 LINIEN = 0,02615 m
 1 Pr.LINIE = 0,00218 m

1 Pr.ELLE = 0,66683 m

Frankreich

1 PIED R. = 12 POUCE = 0,32484 m
 1 POUCE = 12 LIGNE = 0,02707 m
 1 LIGNE = 0,00226 m

1 AUNE de Paris(Elle) = 1,18845 m

Alt-Österreich

1 Wr.FUSS = 12 Wr.ZOLL = 0,3156 m
 1 Wr.ZOLL = 0,0263 m
 1 Wr.FAUST = 4 Wr.ZOLL = 0,1053 m

1 Wr.ELLE = 0,7775 m

Großbritannien (noch im Gebrauch)

1 FEET = 12 INCH = 0,3048 m
 1 INCH = 12 LINES = 0,0254 m
 1 LINE = 0,0021 m

1 HAND = 4 INCHES = 0,1016 m

*

Prüft man die in den einzelnen Ländern unter dem Begriff ELLE verstandenen Maße auf ihre TEILBARKEIT durch die (jeweils) KLEINEREN Maßeinheiten wie FUSS, ZOLL usw., so läßt sich erkennen, daß das Maß "ELLE" als eine TEILUNGS-UNABHÄNGIGE EINHEIT verstanden werden muß.

Vielfach wird behauptet, daß EINE (ägyptische) ELLE in 7 (!) HANDBREITEN zu je 4 FINGER unterteilt war, also in 28 Teile. - Dies würde aber bedeuten, daß KEINES der (schon beschriebenen) MÖGLICHEN Teilungs-Systeme verwendet wurde. - Interessant ist, daß die meisten im ägyptischen Museum in KAIRO ausgestellten Maßstäbe in 6 TEILE (zu je 4 FINGER), also in insgesamt 24 FINGER - (demnach aufgrund des 12-er SYSTEMS) UNTERTEILT sind.

Daß auch Maßstäbe mit 7 Unterteilungen angefertigt und gefunden wurden, entspricht eher der praxisbezogenen VERWENDUNG (das Schneider-Maßband ist auch 150 cm lang), läßt aber NICHT den SCHLÜSSIGEN BEWEIS zu, daß DIESE (ganze) STABLÄNGE dem Begriff einer MASS-EINHEIT gleichzusetzen ist. - Auf eines der kuriosesten Beispiele im Zusammenhang mit Vorstehendem möchte ich hinweisen und versuchen darin eine LOGIK zu finden.

*

Die INTERPRETATION (Rhind), bzw. ÜBERSETZUNG (Borchardt) von einigen aufgefundenen (mathematischen) Papyri (nachzulesen bei GOYON), in denen ein Lehrer seinen Schülern Beispiele zur Berechnung einer Pyramide gab, lautet wie folgt :

a) Berechnung der Böschung einer Pyramide (Rhind, Problem Nr. 56)

Grundkante ist 360 Ellen, die Höhe 250. Laß mich ihre Böschung wissen.- Nimm die Hälfte von 360, das macht 180. DIVIDIERE 180 durch 250, das ergibt $1/2 + 1/5 + 1/50$ einer Elle. Eine Elle hat 7 Handbreit; MULTIPLIZIERE mit 7 - Ihre Böschung beträgt $5 + 1/25$ Handbreit.

b) Berechnung der Höhe einer Pyramide (Rhind, Problem Nr. 57)

Grundkante ist 140 Ellen, $5 \frac{1}{4}$ Handbreit ihre Böschung. Welches ist ihre Höhe? Teile eine Elle durch die doppelte Böschung, d.h. durch $10 \frac{1}{2}$ (=) 7 geteilt durch $10 \frac{1}{2}$ ist $2/3$. DIVIDIERE 140 (!) durch $2/3$, das macht $93 \frac{1}{3}$. Dies ist ihre Höhe

*

Nehmen wir den FINGER als kleinste EINHEIT an, so ergäbe sich z.B. für das Beispiel a), (es lohnt sich das mitzurechnen !), folgendes Zwischenergebnis:

1/2 Elle (zu 28 Finger)	= 14 Finger
+ 1/5 (!) von 28 Fingern	= 5,6 Finger
+ 1/50 (!) von 28 Fingern	= 0,56 Finger

Resultat a) = $5 + 1/25$ Handbreit = 20,16 Finger

1/25 einer Handbreit (4 Fi) ergibt = 0,16 Finger

Resultat b) = $93 + 1/3$ (!) Ellen	ergäbe für
die 1/3 Elle: 28 Finger : 3	= 9,33 Finger

Frage: Nach welchem TEILUNGS-SYSTEM wurde nun gerechnet ? - Nach dem 4er-System (1 Handbreit = 4 Finger) oder 1/3 einer Elle (3er System) oder nach dem damals sicher noch nicht bekannten DEZIMAL-System ($1/50$, $1/25$, $1/5$!) ?

ZUMINDEST (!) wäre diese INTERPRETATION und die ÜBERSETZUNG

ÜBERPRÜFUNGSWÜRDIG !

Kritik an den Überlegungen anderer Forscher und Autoren hat aber nur dann einen der Sache dienlichen Sinn, wenn eine andere Möglichkeit zur Lösung der anstehenden Frage aufgezeigt und durch sachliche, logische Argumente begründet wird. - Gerade bei Maßen und Teilungen ist die praktische und einfache Anwendbarkeit eine der wesentlichsten Voraussetzungen.

Der beste Weg das Problem auf eine reale Basis zu stellen ist, aufgrund der aufgefundenen verschiedenen Maßstäbe deren jeweiliges Teilungs-SYSTEM festzustellen, - Vor- oder Nachteile bei der praktischen Anwendung zu prüfen - allfällige Zusammenhänge der Teilungen zu untersuchen und diese in allgemein verständlicher Form darzustellen.

Daß hiebei einer - der damaligen Zeit besser entsprechenden - einfachen und praxisbezogenen Denkweise (gegenüber unserer heutigen komplizierteren) der Vorzug zu geben ist, erscheint mir als unbestritten.

TEILUNGEN der bekanntesten ELLEN-STÄBE

Die meisten im ägyptischen Museum in KAIRO ausgestellten Maßstäbe (Objektkasten 5519) weisen sowohl die Teilungen nach dem 2-er System (4 Teile und weitere Unterteilungen durch jeweilige Halbierung), als auch die Aufteilung der gleichen Strecke in 6 TEILE (also nach einem 3-er bzw. 6-er System) auf.

Daß auf einigen der Maßstäbe auch eine Unterteilung (der gleichen Strecke) in 7 Teile vorhanden ist, läßt aber NICHT den schlüssigen Beweis zu, daß diese 7-er-Teilung dem Begriff eines (7-er)- TEILUNGS-SYSTEMS gleichzusetzen ist.

Im Britischen Museum in LONDON sind 2 Holzmaßstäbe ausgestellt. Einer (Obj. Nr. 6025) mit einer Länge von rd. 1.05 m unterteilt in 14 Teile (PALMS), wovon die letzten beiden jeweils in 1/4 PALMS weiter unterteilt sind. - Der 2. Stab (Obj. Nr. 23078) 52.5 cm lang (Königselle, ca. 1300 v.C) ist in 7 Palms geteilt, wobei der letzte Palm weitere Unterteilungen nach dem 2-er System (2, bzw. 4 Teile) enthält.

In einer Erklärung ist darauf hingewiesen, daß die im ALLGEMEINEN Gebrauch verwendete (Normal-) ELLE in 6 PALMS unterteilt, und rd. 45 cm lang war. - Dies wäre eine Bestätigung daß es zwei verschiedene Grundmaße gegeben hat. Zum Unterschied zu den in KAIRO ausgestellten Königsellen

(52.4 cm) die auch eine Unterteilung in 6 Teile aufweisen, sind die beiden LONDONER Exponate ausschließlich in 7 (bzw. 14) Teile aufgeteilt.

Vermutlich ist die Quelle der verbreiteten Annahme : Königselle = 7 Palms zu je 4 Finger auf britische Forscher (Petrie ?) zurückzuführen, die aufgrund der ihnen zur Verfügung stehenden Maßstäbe mit den darauf befindlichen Unterteilungen diese Maßstäbe einem Teilungs - SYSTEM gleichsetzten bzw. als solches verstanden.

Nach meiner Meinung dient diese Aufteilung im Zusammenhang mit der 6-er Teilung (entgegen der weitverbreiteten Auffassung) einem anderen einfachen und daher sehr praktischen Zweck. - Um die Zusammenhänge der Teilungssysteme besser erkennen zu können dienen die nachstehenden Grafiken.

Gehen wir (gedanklich) davon aus, daß wir 2 (in je 6 Teile geteilte) Grundmaße (z.B. in verschiedenen Gegenden gebräuchliche ELLEN) unterschiedlicher Länge hätten und feststellen, daß 7 Teile des KLEINEREN Grundmaßes dem der 6 Teile des GRÖßEREN entsprechen. - Nach unserem metrischen System entspräche das längere Grundmaß rd. 52.4 cm und das Kleinere rd. 44.9 cm.

BRUCH in vorstehendem Sinn heißt TEILEN. Dies kann auf unkomplizierte Weise durch eines der beiden natürlichen Teilungs-Systeme oder deren Kombination in der Praxis erfolgen. Notwendig hiezu ist nur die Benennung, nach welchem System geteilt wurde. Als Beispiel: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$... gehören eindeutig zum "2-er System" - bzw. $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{36}$, ... zum "3-er System". - Zu den Mischformen gehören, (bei weiteren Unterteilungen): $\frac{1}{12}$, $\frac{1}{24}$, $\frac{1}{72}$,...

Wenn die Teilung 1 ELLE (als Grundmaß) = 6 HANDBREIT zu je 4 FINGER gilt, so ist dies (als Beispiel) eine eindeutige Festlegung nach welchem System (in diesem Fall ein Mischsystem) geteilt wird.

Eine Strecke nach dem 3-er (bzw. 6-er) System zu teilen ist in der Praxis besonders im Zusammenhang mit der Herstellung von Winkeln nützlich. - Als Beispiel : Bogenlänge bei 90 Grad : 3 = 30 Grad : 3 = 10 Grad. - (Siehe Grafik "Umfang und Winkel").

Wie man auf einfache Weise die UNTERTEILUNG des 6. Teiles eines Grundmaßes in weitere 6 Teile direkt auf EINEM Maßstab ablesen kann, ist ebenfalls, besser als durch Worte - in einer Grafik dargestellt.

Zusammenhänge der Teilungsskalen der Normalelle und der Königselle

Kurze (Normal-) Elle = 6 Hand je 4 Teile = 24 Teile Länge der Normalelle = 44,9 cm

6	5	4	3	2	1				
---	---	---	---	---	---	--	--	--	--

Holzelle im Brit. Museum in London (Obj.Nr. 23078) Länge des Stabes = 52,4 cm

6	5	4	3	2	1				
---	---	---	---	---	---	--	--	--	--

Lange (König-) Elle (Museum Kairo, Obj.K.5519) Länge des Steinstabes = 52,4 cm

Teilung = 6 Hand mit weiterer Teilung nach dem Halbierungssystem in 1/2, 1/4, 1/8 u. 1/16

Die Länge der langen Elle (52,4 cm) entspricht dem Maß 7 / 6 einer kurzen Elle (44,9 cm)

6	5	4	3	2			1		
---	---	---	---	---	--	--	---	--	--

An der Kante der beiden angrenzenden Stabflächen mit der 6-er bzw. 7-er - Teilung kann das Maß für die Umrechnung einer 6-teiligen Normalelle in eine 6-teilige Königselle direkt abgelesen bzw. abgegriffen werden.

Lange Elle (Königselle)									
6	5	4	3	2			1		
6	5	4	3	2	1				
Kurze Elle (Normalelle)									

Nach Vorstehendem ergibt sich als logische Folgerung :

Die in LONDON ausgestellten beiden Holzmaßstäbe beziehen sich auf die KURZE (Normal) Elle (44.9 cm) mit einer Unterteilung in 6 PALMS, wobei ein 7. (in weitere 4 Teile nach dem "2-er System" geteilter) PALM zur besseren direkten Ablesung am Stab angebracht wurde.

Die in KAIRO ausgestellten LANGEN (Königs-) Ellen (52.4 cm) sind ebenfalls in 6 Teile (Hand) mit weiteren Unterteilungen einer HAND nach dem "2-er System" - geteilt.

Die auf einer angrenzenden Seitenfläche angebrachte Unterteilung der gleichen Strecke (52.4 cm) in 7 Teile stellt KEIN TEILUNGS-SYSTEM dar, sondern dient der Aufteilung einer HAND nach dem "3-er System" bzw. der PRAKTISCHEN Möglichkeit (diese) Teilstrecken direkt an der Kante ablesen zu können.

Ob nun die Tatsache, daß gerade 7/6 der KURZEN Elle dem Maß der LANGEN (Königs-) Elle entsprechen nur ein bloßer Zufall ist,

- oder ob es sich um zwei differente GRUND-Maße handelt und der Zusammenhang bei einem Vergleich der beiden festgestellt wurde,

- oder ob sich im Laufe der Zeit das Grundmaß der "längeren" Elle (auch durch die Erkenntnis der weiteren Teilbarkeit einer HAND nach dem "3-er System" z.B. bei der Gestaltung von Säulen) als zweckmäßiger erwiesen hat,

- wäre sicher ein lohnendes Objekt weiterer Forschung, zu der ich mich aber mangels der hierfür erforderlichen speziellen Kenntnisse auf dem Gebiet der Ägyptologie nicht berufen fühle.

Besonders interessant erscheint mir der Nachweis, in welchem Zeitraum und in welchen örtlichen Gegenden die jeweiligen Grundmaße verwendet wurden.

*

BAU- und NUTZHOLZ - WASSER-TRANSPORTE

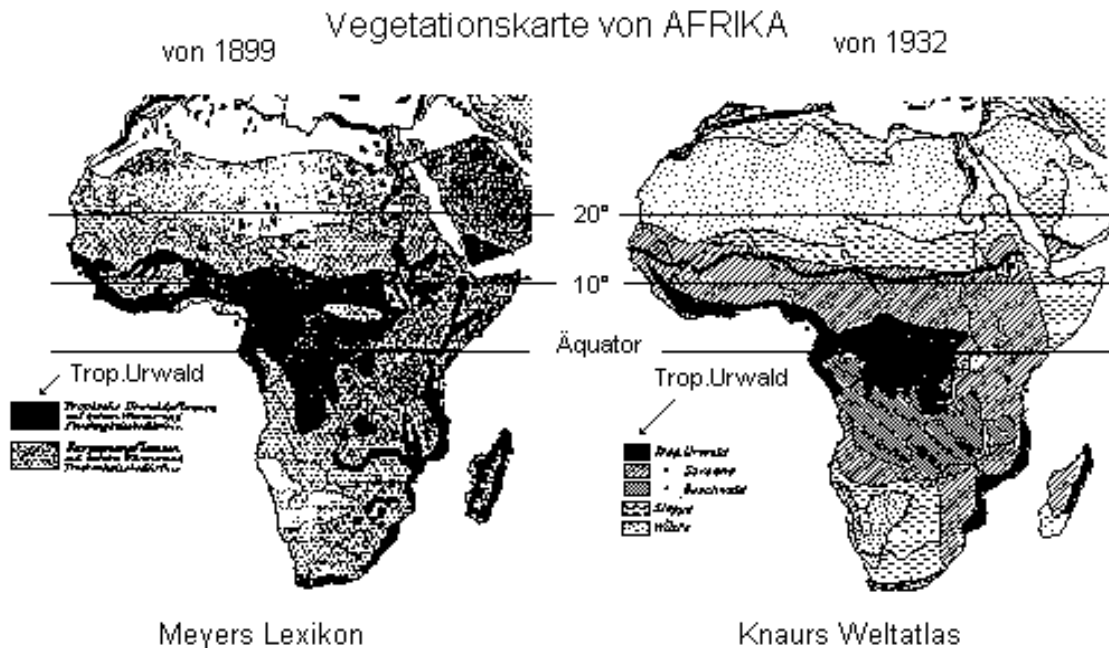
Holz kam nach allgemeiner Ansicht aus dem Libanon. - Das mag für Holz zu besonderen Zwecken zutreffen, bestimmt aber nicht um den Bedarf an Bau- und Nutzholz, - (allein für Rollwege, Gerüstung, Schlitten und dergl. wurde in der Abhandlung für die Cheopspyramide eine Mindestmenge an Bau- und Nutzholz von rd. 30.000 m³ ermittelt) - oder den Bedarf von Holz als Energieträger zu decken.

Welche andere Quellen standen aber noch zu Verfügung? - Um einer Klärung dieser Frage näher kommen zu können, sollte man die Gegebenheiten VOR dem Bau des 1. Assuan-Staudammes, also vor (nur) rd. 100 Jahren, betrachten.

Ein Vergleich der Vegetationskarten aus den Jahren 1899 und 1932 ergibt folgende Erkenntnis: Die nördliche Grenze des tropischen Urwaldes zur Savanne im Bereich des blauen und weissen Nil lag 1899 etwa in Höhe des 10. - 12. Breitegrades. Also ca. 300 km südlich von Chartum. - Die Grenze Savanne zur Steppe verlief ca. 200 km nördlich von Chartum. - Interessant, daß auch das Gebiet des Jemen noch zur Zone des tropischen Waldes gehörte.

Nur rund 3 Jahrzehnte später - nicht zuletzt unter dem Einfluß der Kolonial-Mächte - war die Grenze des tropischen Urwaldes bereits auf die Höhe des 5. Breitegrades zurückgegangen, - (siehe eingezeichnet die Linie von 1899) - aus dem verlorenen Waldgebiet wurde Savanne - aus dem Landstrich der früheren Savanne wurde Steppe. - Gleiches auch im Jemen. - Die große Wahrscheinlichkeit, daß 4.000 Jahre vorher die nördliche Grenze des tropischen Waldes nördlich von Chartum lag, soll hier nicht berücksichtigt werden.

Bau - und Nutzholz aus dem Libanon ?



Daß vor dem Bau des 1. Staudammes bei den jährlichen Hochwässern aufgrund des hohen Wasserstandes und der erhöhten Fließgeschwindigkeit auch große Mengen an Holz aus den tropischen Waldgebieten nilabwärts trieben ist klar. - Ebenso, daß dieses (Treib-) Holz, wie aus allen Kulturen bekannt, als Energieträger und auch für Bauzwecke verwendet wurde. - Desgleichen, daß Holz in Bereichen mit geringerer Fließgeschwindigkeit (z.B. am Nil unterhalb des 1. Kataraktes) abgefangen wurde, auch als Handelsware diente.

Bei dem hohen Bedarf im Gebiet Unterägyptens erscheint es logisch, daß nicht nur Treibholz gesammelt, sondern auch in den stromauf gelegenen Gebieten Holz geschlägert wurde. - Die wertvolle Ware Holz dürfte auch zum Aufblühen der Ansiedlungen Syene und Luxor wesentlich beigetragen haben.

Die zweckmäßigste Art Holz stromab zu transportieren ist, die Stämme in Form eines Floßes zu verbinden und gegebenenfalls auch andere Waren bzw. Lasten darauf zu befördern. - Als eine dieser mitgeführten Lasten kann Granit-Stein-Material aus dem Gebiet um Assuan angenommen werden, wobei die Form des Floßes für diesen Zweck (wie in der Abbildung dargestellt) neben seiner einfachen Be- und Entladbarkeit noch einen weiteren Vorteil bieten kann.

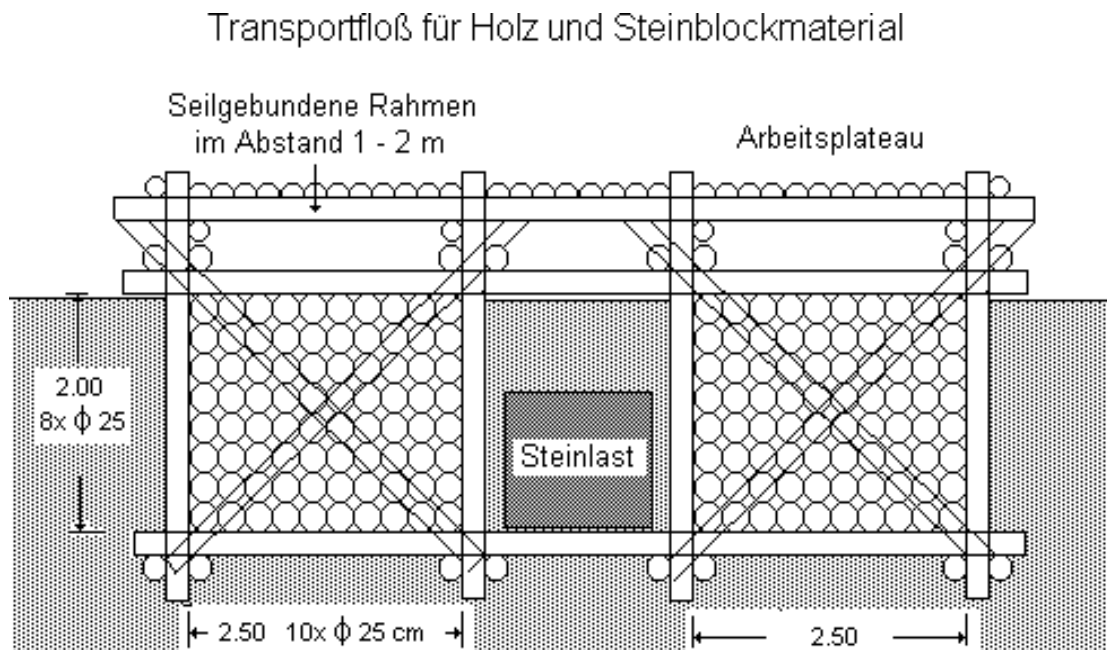
Ein Stein verliert unter Wasser soviel an Gewicht, als die Wassermenge seiner verdrängten Kubatur wiegt. - Dieses Gesetz von Archimedes war damals natürlich noch nicht bekannt, - aber daß sich ein Stein unter Wasser leichter heben und bewegen ließ, konnte jeder der dies tun mußte feststellen und daher

auch ausnützen. - Um 1 m³ Stein auf diese Art zu transportieren ist eine Floßholz-Kubatur von rd. 6 m³ erforderlich. - Das Steuern eines treibenden Floßes durch Ruder ist kein Problem und war bekannt.

Nur zum Vergleich: Auf der Donau wurden noch bis vor 150 Jahren Flöße bis zu 60 m Länge und 15 m Breite mit einer Gesamtmenge von rd. 500 m³ Nutzholz stromab befördert, bzw. auch als kostengünstigstes Transportmittel für andere Lasten verwendet.

Praktisches Beispiel zu HOLZ- und STEINTRANSPORT

2 x 80 Stämme (d = 25 cm) = rd. 8 m³/lfm x 0.3 Auftrieb = 2.4 to/lfm Floß
 1 m³ Granitstein wiegt rd. 2.5 to - jedoch unter Wasser nur rd. 1.5 to/m³
 2.4 to (Auftrieb) : 1.5 to (Granitgewicht UW) = rd. 1.6 m³ Stein / lfm Floß

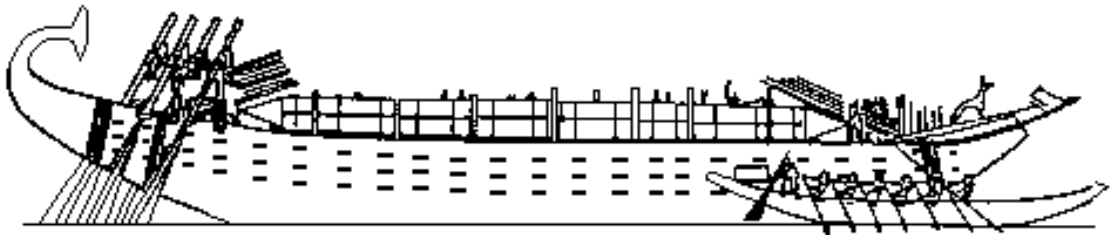


Auftrieb rd. 2,4 to/lfm Floß ergibt rd. 1,6 m³ Stein/lfm als Transportlast unter Wasser

Somit könnten pro lfm Floß mit rund 2 m Tiefgang etwa 1.5 m³ Steinmaterial mittransportiert werden. - Beladung bei niederem Wasserstand im Trocken. Aufschwimmen und Floß - Transport bei (rund. 2.5 m) höherem Wasserstand.

Auf eine sehr interessante Diplomarbeit: "Afrikas Holzwirtschaft und Transportmittel" (M. BICZO / Prof. Dr. E.WINKLER) am Institut für Wirtschaftsgeographie der Wirtschafts - Universität Wien sei an dieser Stelle hingewiesen.

Relief im Tempel der Hatschepsut



Als Beweis, daß Schiffe zum Steintransport verwendet wurden, wird meist das Relief im Tempel der Hatschepsut angeführt. - Daß die Proportionen dieser Abbildungen nicht stimmen und der Transport als Deckslast technisch nicht denkbar ist, - wird mit symbolhafter Darstellung erklärt. - Setzen Sie für die Symbole - SCHIFF = Transport am Wasserweg, - BEIDE Obelisksen der Hatschepsut wurden am Wasserweg transportiert, ZIEHEN des Wassertransportmittels durch KLEINERE BOOTE mit Besatzung - so ist auch dies eine glaubhafte (und reale) Erklärung. - Wie sollte man denn ein Floß mit unter Wasser liegenden Obelisksen darstellen und dabei noch ausdrücken, daß BEIDE Obelisksen auf diese Art transportiert wurden ?

*

SCHIFFSTRANSPORTE am NIL

Eine der weitverbreitesten (nach meiner Meinung Fehl-) Annahmen betrifft die Möglichkeiten des Schiffstransportes zur Zeit des Pyramidenbaues. Besonders im Hinblick auf WASSERSTAND und STROM-GESCHWINDIGKEIT, als auch auf die mit Schiffen der damaligen Größe und BAUART transportierbaren MENGEN pro Schiff.

Will man die DAMALIGEN Möglichkeiten beurteilen, muß man die (jährlichen) Wasserverhältnisse VOR dem Bau des ERSTEN STAUDAMMES bei ASSUAN (1898 - 1902) als Basis wählen.

Die HOCHWASSER-Periode, (rd. 80% des Wassers kommen aus dem Gebiet des BLAUEN NIL), etwa von Juli bis Oktober (rd. 4 Monate), mit einer Wasserführung, die dem ca. 6 - 7 fachen der NIEDERWASSER-Periode etwa November bis Juni (rd. 8 Monate) entspricht, - bewirkt auch ein MEHRFACHES der FLIESS-GESCHWINDIGKEIT des Stromes.

Eine Schlüsselposition bei der Betrachtung des Wasserhaushaltes für Ägypten nimmt ASSUAN (unterhalb des 1.Kataraktes) ein. (Vgl. NILOMETER, bzw. Meßstationen der brit. Kolonialmacht in neuerer Zeit) ein.

Um einen Überblick über die GRÖSSENORDNUNG der für weitere Betrachtungen notwendigen Begriffe zu erhalten, folgende Überlegungen:

ABFLUSSMENGEN

Aufgrund von Messungen (ASSUAN) wurde die durchschnittliche Abflußmenge (1890 - 1898) mit rd. 110 MIA m³/Jahr ermittelt. Die absolute Höchstmenge wurde mit 128 MIA m³ im Jahre 1878 gemessen. - Dies ergäbe bei kontinuierlicher Wasserführung (vor dem Bau des 1. ASSUAN-DAMMES) einen Durchschnitt von rd. 110 MIA m³ : rd. 31.5 MIO Sekunden/Jahr (rein rechnerisch) eine mittlere Abflußmenge von rd. 3.500 m³/Sekunde

Gehen wir (nur als Gedankenexperiment!) davon aus, daß während des Jahres 2/3 (8 Monate) NIEDER- und 1/3 (4 Monate) HOCHWASSER vorherrschend ist und in der NIEDER-WASSER-PERIODE rd. 1/3, bzw. 2/3 während der HOCHWASSERZEIT der Gesamtabflußmenge (110 MIA m³/J) anfallen, ergäbe dies, überschlägig

$$\begin{aligned} 37 \text{ MIA m}^3/8 \text{ Mo} &= 4,625 \text{ MIA m}^3/\text{Mo} : 2,628 \text{ MIO Sek/Mo} = 1.760 \text{ m}^3/\text{Sek} \\ 73 \text{ MIA m}^3/4 \text{ Mo} &= 18,250 \text{ MIA m}^3/\text{Mo} : 2,628 \text{ MIO Sek/Mo} = 6.940 \text{ m}^3/\text{Sek} \end{aligned}$$

Somit in der HW-Periode etwa 4 mal soviel als während der NW-Periode

Diese (MITTEL-) Werte liegen unter Berücksichtigung der ZU- und ABNAHME-ZEITEN nach Größenordnung im Bereich der schon erwähnten Hoch- bzw. Niederwasserstände und könnten daher als Basis angenommen werden.

STRÖMUNGS-GESCHWINDIGKEITEN

Die jeweilige Fließgeschwindigkeit ist vor allem abhängig vom ÖRTLICH vorhandenen Durchfluß-PROFIL, vom LÄNGSGEFÄLLE des Stroms in diesem Bereich und der FORM des Profiles.

In der Regel bildet sich bei jedem Strom eine HAUPTSTRÖMUNG (mit tieferer Rinne und größerer Fließgeschwindigkeit) aus, während seitlich, in den (seichteren) ABLAGERUNGS-ZONEN kleinere Geschwindigkeiten, (ganz am Rand mitunter KEHRWASSER) vorherrschen.

Sicher lassen sich die individuellen Gegebenheiten eines Stromes mit dem eines anderen nicht DIREKT vergleichen, doch lassen gemeinsame örtliche Bedingungen logische Zusammenhänge erkennen. - Als Vergleich einige Werte der (uns bekannten) DONAU (Wien, KWD 1970):

Durchschnittliches Gefälle	44 cm/1000 m
Abfluß-Jahresmittel (MW)	1.700 m ³ /Sek
Niederwasser (RNW)	900 m ³ /Sek
Höchst-Schiffbarer Wasserstand	5.000 m ³ /Sek
100 jähriges Hochwasser	10.400 m ³ /Sek

Als Vergleich : das durchschnittliche Gefälle der Donau im Bereich der letzten 1000 km vor dem DONAU-DELTA beträgt nur rd. 4 cm/1000 m, also nur etwa 1/10 dessen bei Wien.

Die Fließgeschwindigkeit im Bereich Wien (in der Hauptströmung) bei MITTLEREM Wasserstand liegt in etwa bei 8 - 10 Km/Std. - Daß ein STROMAUUF-FAHREN mit (noch dazu beladenen) SEGELBOOTEN selbst bei Windstärken 5-6 und günstigster Windrichtung in der Strömung nicht möglich ist, kann jeder, der es versucht hat bestätigen.

Hingegen ist im DONAU-DELTA, wenn nicht gerade durch hochwasserbedingte größere Fließgeschwindigkeit verhindert, die Verwendung von kleineren SEGEL-FAHRZEUGEN (bei entsprechenden Windverhältnissen) durchaus möglich und wurde auch bis vor Kurzem (z.B. in Bulgarien) noch praktiziert.

Noch zu bedenken ist, daß in den Bereichen mit niederer Fließgeschwindigkeit auch die ABLAGERUNGEN entsprechend größer sind und dadurch die für eine Befahrbarkeit mit Schiffen erforderliche MINDEST-WASSERTIEFE (ca. 2 m

für BELADENE Schiffe der damaligen Größe) in NIEDERWASSER-ZEITEN (etwa 8 Mo/J) eines der größten Probleme darstellte.

Im Zuge der Untersuchungen VOR dem Bau des neuen ASSUAN-DAMMES (u.a. in Studien v. Dr. O.Brendl jun. Ende der 50er Jahre und F.Kahlert 1955) wird darauf verwiesen, daß die NIL-SCHIFFFAHRT von KAIRO bis ASSUAN ebenso wie die in den Kanälen des DELTAS alljährlich etwa von Mitte Februar bis Mitte Juli (rund 5 Mo) durch den niederen Wasserstand nicht nur sehr erschwert, sondern zeitweilig ganz lahm gelegt ist. - Dies trotz der regulierenden Wirkung des 1. ASSUAN-STAUDAMMES !

Umso mehr ist anzunehmen, daß bei unregelmäßigem Abfluß der HOCHWÄSSER (die durch die Bewässerungs-Becken der damaligen Wasserwirtschaft flächig gestauten Wassermengen sind nicht gemeint), während der Zeit der darauffolgenden NIEDERWASSER-PERIODE eher noch NIEDERERE Wassertiefen vorhanden waren, die den Schiffstransport (besonders STROMAUF) zumindest wesentlich erschwerten.

Um die Möglichkeiten zu erfassen, die VOR der Zeit des MASCHINELLEN Antriebes von Wasserfahrzeugen gegeben waren, brauchen wir nur auf die gut dokumentierte Zeit vor etwa 150 Jahren im DONAU-BEREICH zurückgreifen.

Dem Grunde nach ist zu unterscheiden zwischen dem :

- 1.) NUR STROMAB führenden (Einweg-) Transport, der im Wesentlichen aus einem FLOSS und darauf mitgeführten Gütern bestand, wobei das Floß am Bestimmungsort als (HOLZ-) Material verkauft wurde,
- 2.) Dem Transport in BEIDEN Stromrichtungen, der ausschließlich mit (dauerhaft gebauten) SCHIFFEN erfolgte, wobei STROMAB und in den Bereichen mit langsamer Strömung auch teilweise einfache Segel zur Anwendung kamen. Der STROMAUF-Transport fand (fast) ausschließlich durch TREIDELN, das ist das ZIEHEN des Schiffes durch TIER- oder MENSCHENKRAFT vom Ufer aus (vgl. WOLGASCHIFFER, SCHIFFSKNECHTE) statt.

Zu diesem Zweck war die Anlage von WEGEN entlang der beiden Ufer notwendig. Diese Wege, in der Fachsprache TREPPELWEGE genannt, werden auch NOCH HEUTE angelegt, unterhalten und stehen (allerdings für andere Zwecke der Schifffahrt) - noch in Verwendung.

Voraussetzung für das (UFERNAHE) TREIDELN ist natürlich eine dem Tiefgang der Transportmittel entsprechende AUSREICHENDE WASSERTIEFE. Probleme gibt es dadurch besonders in Bereichen mit durch Anlandung SEICHTEM (ufernahen) Wasser, wo zwar die erforderliche ZUGKRAFT geringer wäre, aber auch das Schiff dauernd in größerem ABSTAND vom UFER gehalten werden muß.

Vergleicht man nun Vorstehendes mit den (damaligen) Gegebenheiten im Bezug auf die WASSERSTANDS-PERIODEN des NIL, so läßt sich erkennen :

1.) In HOCHWASSER-ZEITEN ist der STROMAB-Transport durch größere Strömung begünstigt. Als Transportmittel könnten sowohl SCHIFF als auch FLOSS verwendet werden. Allerdings müßten die SCHIFFE entweder vorher (z.B. bis ASSUAN) rd. 1000 Km stromauf GETREIDELT werden, um nachher mit Fracht (z.B. GRANITSTEINE) STROMAB zu fahren, oder im Bereich ASSUAN mit vorher aus dem LIBANON (ebenfalls mit Schiffen) dorthin gebrachten Holz, (wenn diese verbreitete Annahme Richtigkeit hätte,) - GEBAUT worden sein.

Der STROMAB-FLOSS-TRANSPORT unter Mitnahme von Lasten, (vorausgesetzt meine schon begründete Annahme, daß das Gros des Bau- und Nutzholzes aus dem Gebiet des BLAUEN NIL stammt), ist im oberhalb des Deltas gelegenen NIL-BEREICH auch bei NIEDEREREM Wasserstand in der FAHRRINNE kein besonderes Problem.

Ein STRECKENWEISER Wechsel (z.B. Tagesetappen) der Floßbesatzungen hätte neben dem Vorteil der besseren Kenntnis der örtlichen STRÖMUNGSVERHÄLTNISSE auch den der (relativ) KURZEN RÜCKREISE der Besatzung am Landweg.

2.) Der STROMAUF-Transport durch SCHIFFE ist während der HOCHWASSER-PERIODE sowohl durch die höhere Strömungsgeschwindigkeit (auch im DELTA-Bereich), als auch durch die BENUTZBARKEIT der TREIDELWEGE stark behindert. Der Transport BELADENER Schiffe INNERHALB der Bewässerungsbecken ist wegen der geringen verfügbaren Wassertiefe auszuschließen.

Desgleichen ist bei NIEDERWASSER aus schon aufgezeigten Gründen (u.a. zu seichtes Wasser in Ufernähe) bestenfalls nur in den ÜBERGANGS-ZEITEN mit der Möglichkeit des TREIDELNS zu rechnen.

Ein nicht unwesentliches Argument ist darin zu sehen, daß sich SEEGÄNGIGE Schiffe in ihrer BAUART von denen in der FLUSS-SCHIFFFAHRT verwendeten (flacheren, mit weniger Tiefgang und niedererem Freibord) grundsätzlich unterscheiden und somit die SEEWEG-Strecke (LIBANON - DELTA ca. 700 - 800 Km) NICHT mit den GLEICHEN (Lastschiffen) - die auf dem Strom verwendet werden können - zurückgelegt werden kann.

Somit wäre ein UMSCHLAGPLATZ im Mündungsbereich des NIL unumgänglich gewesen, der "BAU- und NUTZHOLZ" für die rd. 300 Km STROMAUF gelegenen Gebiete um das heutige KAIRO, (bzw. rd. 1000 Km bis in den Bereich um Luxor) zur UNERSCHWINGLICHEN WARE gemacht hätte.

Aus Vorstehendem ist zu erkennen, daß ein STROMAUF-TRANSPORT mittels Schiff nur während einer auf wenige Monate beschränkten Zeit WAHRSCHEINLICH (bzw. möglich) war und der enorme BAU- und (ENERGIE-) NUTZHOLZ-Bedarf im Bereich LUXOR-ASSUAN (und auch im Raum KAIRO) demnach mit großer Sicherheit ! - NICHT durch HOLZ aus dem LIBANON gedeckt wurde.

*

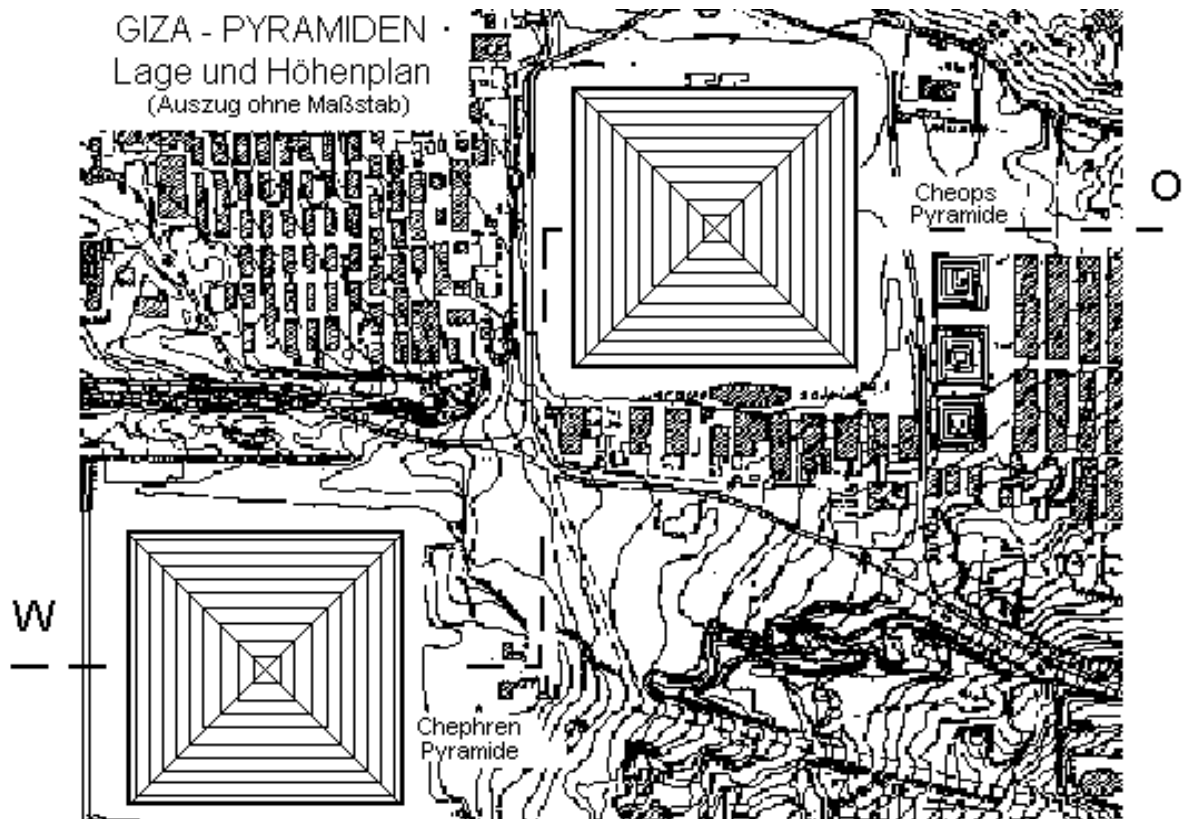
STANDORTWAHL und MASSEN

Daß die Standortwahl der Pyramiden weitgehendst unter Berücksichtigung ausreichender Stein - Materialvorkommen in möglichst NAHER und etwas HÖHER als die Basis gelegenen Umgebung, sowie unter Einbeziehung NATÜRLICHER bereits vorhandener Geländeformen erfolgte, um eines der Hauptprobleme, den TRANSPORT des Materiales günstig zu beeinflussen, ist als sicher anzunehmen und im Bereich der CHEPHREN-Pyramide auch noch eindeutig zu erkennen.

Grundsätzlich wäre zu untersuchen, WELCHE und WIEVIEL der gesamt benötigten Materialien sind im unmittelbarem Umfeld der Pyramide(n) vorhanden. Außerdem ist es notwendig, auch für die CHEPHREN-PYRAMIDE den Materialbedarf mit einzubeziehen, - da auch für diese weitgehenst Vorgesagtes gelten soll.

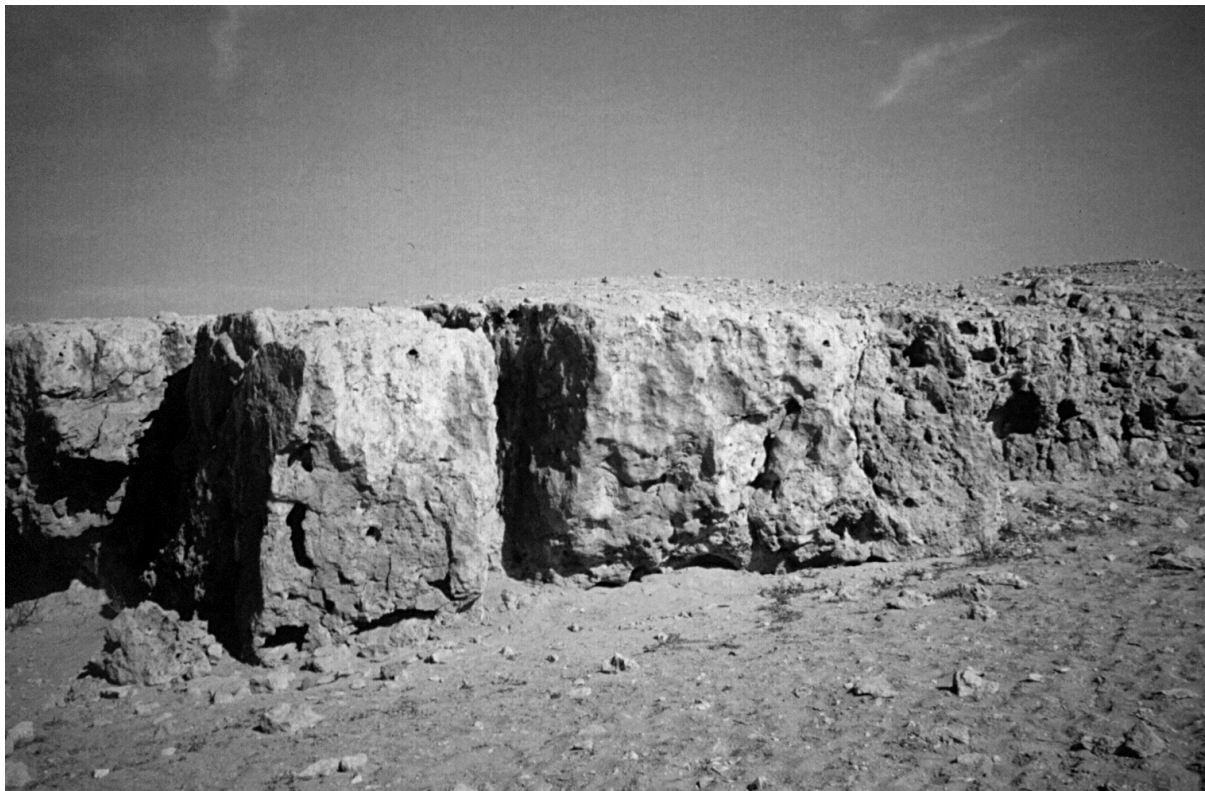
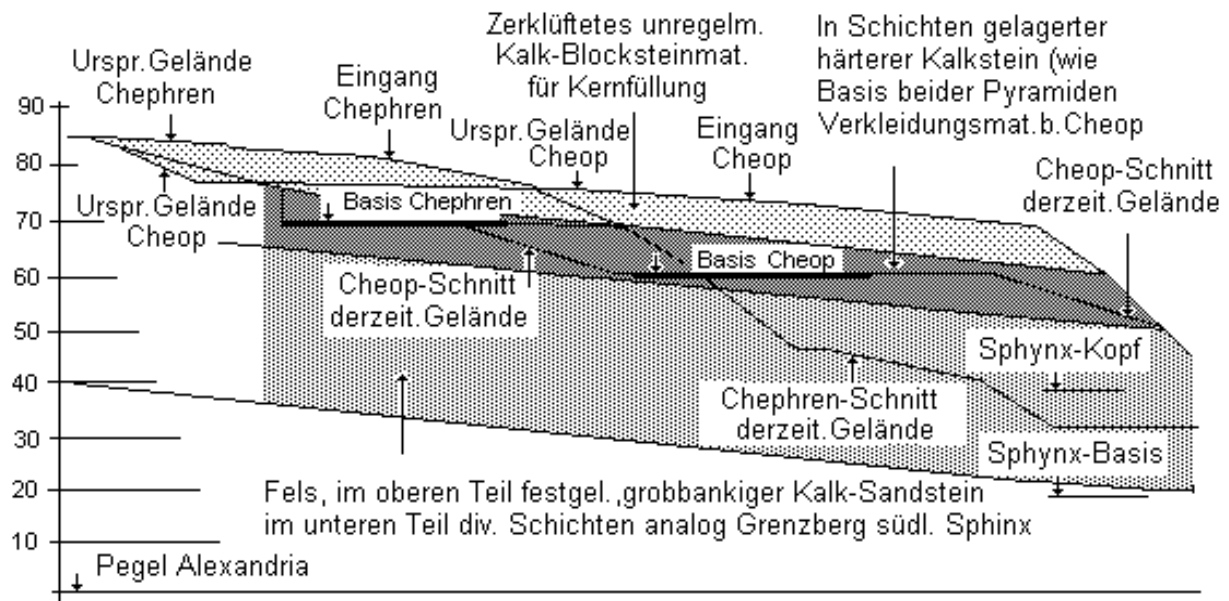
Ein Weg zur Bestimmung der GRÖSSENORDNUNG ist die Ermittlung der Massen aufgrund von LAGE- und HÖHENPLÄNEN des Gebietes, zeichnen entsprechender Querprofile unter Berücksichtigung noch heute sichtbarer Urgeländeformen, bzw. MATERIAL-Schichtgrenzen, (z.B. bei Schiffsruben, offenen Gräbern in den Gräberfeldern, Strukturen der Zugänge u.ä.) und real

anzunehmender horizontalen Begrenzung. (Siehe auch Auszug aus Lage- und Höhenplan.) - Zum besseren Verständnis sind in der Beilage 2 Hauptprofile in einem REGEL-PROFIL gemeinsam dargestellt, - um auch den Verlauf der Material-Schichten erkennen zu können.



Gelände - und geologische Schichtenschnitte

Versetzter Schnitt West - Ost durch beide Pyramidenmittel im Verhältnis $L = 5 / H = 1$



Material für Kernfüllung im Bereich zwischen Cheops- u. Chephren-Pyramide

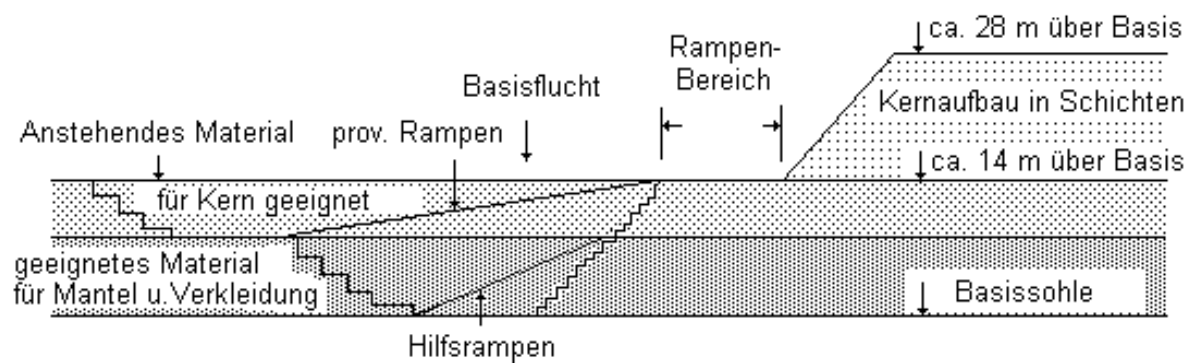


Noch heute sichtbarer Materialabbau oberhalb der Basis der Chephren-Pyramide

Steinmaterial - Gewinnung im Bereich der Pyramiden

für Kernaufbau, Mantelblöcke und Verkleidungssteine

Nur das Material für besonders steinmetzmäßig bearbeitete Steine im Bereich der Zugänge, Galerie und Kammern kam aus den Tura-Brüchen bzw. Assuan





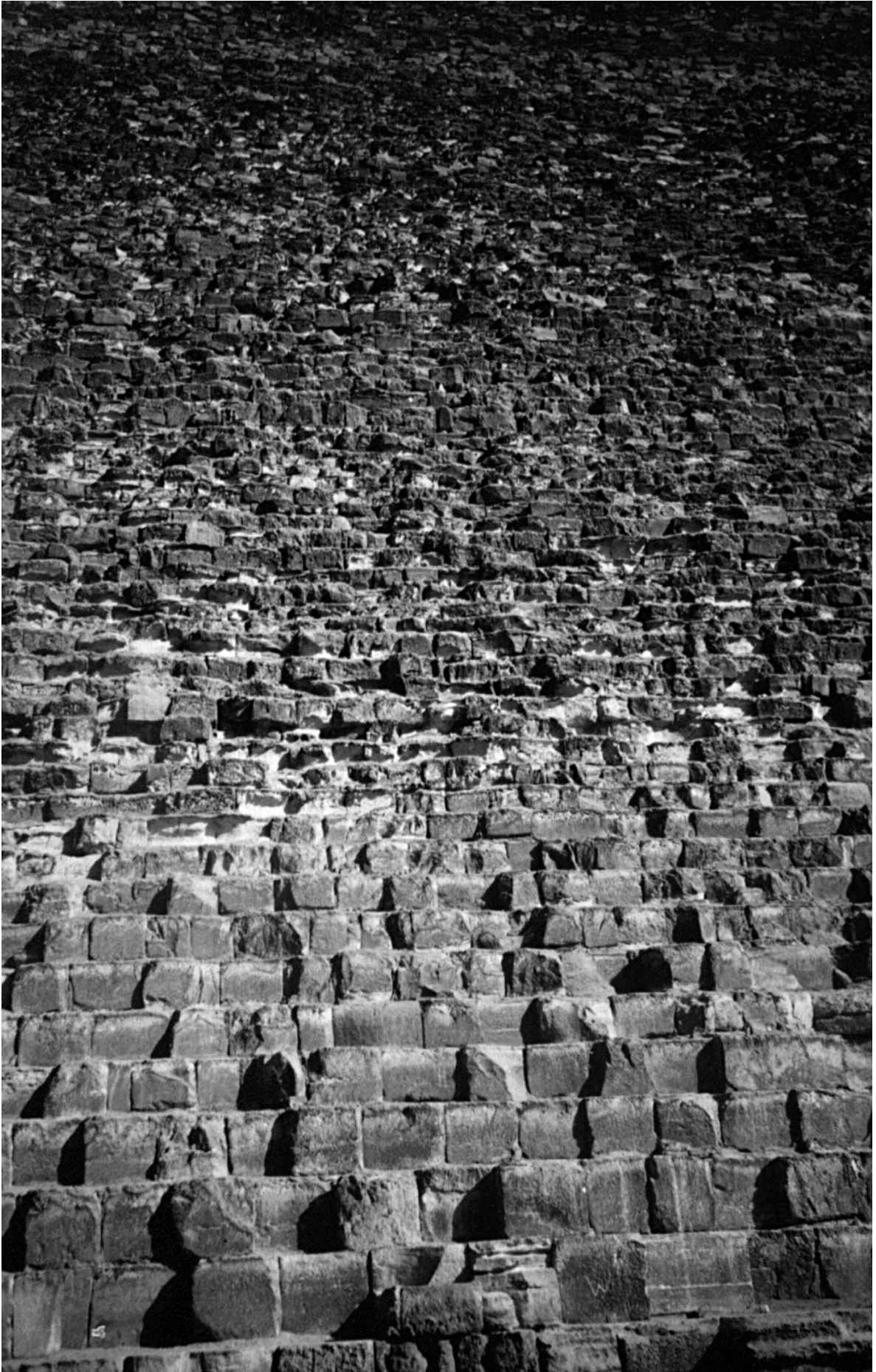
Das über dem Bereich der angesetzten Mantelblöcke (siehe vor) verwendete Füllungsmaterial besteht aus unbearbeitetem, unterschiedlichem Steimaterial u.a. aus der Schichte zwischen den Basen der Cheops- und der Chephrenpyramide



Noch deutlich sichtbare Rampenführung an der West- u. Nordfront durch Mantel-Blockmaterial im Bereich der anstehenden, für Mantelblöcke geeigneten Schichte bis zur Höhe des Zuganges der 1. Grabkammer (14m über der Basis).



Nordfront der Cheopspyramide mit den bearbeiteten „Grundlagensteinen“



Wie auf vorstehendem Bild deutlich erkennbar, besteht der untere Teil der Pyramide im Bereich des anstehenden Materials aus vorgesetzten (Mantel-) Blocksteinen, während der darüber liegende Teil aus unbearbeitetem Füllmaterial gesetzt wurde. Nachstehend ein Bild des anstehenden Materials.



Die zuvor beschriebene Ermittlung der Massen ergab an verfügbaren Kubaturen :

Festes grobbankig bis blockig, fast horizontal gelagertes Kalksteinmat., i.M 5-7 m stark, mit verschied. horizontalen Schichten im Gesamtausmaß - rd. 3,1 Mio m³

Zerklüftetes, unregelmäßiges Kalksteinmaterial für Kern-u. Füllmaterial geeignet, i.M. 4-8 m stark, an der Ostseite teilweise etwas mürbes Mat. - rd. 3,5 Mio m³

Dem ermittelten Material in Summe rd. 6,6 Mio m³ steht eine erforderliche Gesamtkubatur für beide Pyramiden in Summe von rd. 4,8 Mio m³ gegenüber.

Damit ergibt sich für allfällige Ungenauigkeiten bei der Massenermittlung eine RESERVE von rd.1,8 Mio m³, also mehr als 1/3 des gesamten Materialbedarfs für BEIDE Pyramiden.

In allen bekannten Veröffentlichungen wird als Material für die VERKLEIDUNG Steinmaterial aus den TURA - STEINBRÜCHEN angegeben. - Ein Vergleich des dort im gleichen Schichtenbereich (zw. 45 m u. 75 m Absoluthöhe) abgebauten SEDIMENT-Gesteins entspricht dem des im gleichen Bereich liegenden der beiden Pyramiden-Basen. - Daß eine Untersuchung von zwei nahe, in gleicher Höhe gelegenen SEDIMENTSCHICHTEN zu solchem Ergebnis führt ist weiter nicht verwunderlich.

Es ist als sicher anzunehmen, daß für BESONDERE Bauteile, wie steinmetzmäßig bearbeitete Verkleidungen, besonders geeignetes Material aus Tura verwendet wurde, - daß aber die MASSEN der gesamten Pyramiden-Verkleidungen (bei VORHANDENER gleichwertiger Qualität und in weit ausreichender Menge), in Tura produziert, ca 1 Km zum NIL, per SCHIFF über den Nil gebracht, (samt Be- und Entladung) und rd. 1 Km über Rampen ca. 50 - 60 m hoch zur Baustellenbasis geschafft wurde, erscheint mir weder LOGISCH, noch WAHRSCHEINLICH.

Mit Sicherheit abzuleiten, bzw. nachzuweisen, daß das GESAMTE Gesteinsmaterial für die (nicht mehr vorhandene!) Verkleidung nur aus den Steinbrüchen in TURA stammt, wage ich zu bezweifeln. Daß der bearbeitete glatte Kalkstein der noch vorhandenen Verkleidung WEISS (lichter) erscheint als der unbearbeitete, im Laufe der Zeit abgewitterte Stein - ist ebenfalls klar.

ERFORDERLICHE MENGEN

Die nachstehenden Zahlenangaben sind, da in manchen Publikationen different angegeben, größenordnungsmäßig zu verstehen. Ebenso die in die Überlegungen einbezogenen Mengenangaben.

Seitenlänge der Basisfläche :	rd. 230 m,	Höhe rd. 147 m ü. d. Basis
Neigungswinkel der Außenflächen :		51 Grad 52 Min.
Steinschichthöhe im Mittel :		70 cm
Durchschnittliche Blockgröße :	$1.30 \times 1.30 \times 0.70 =$	rd. 1.2 m ³
Durchschnittliches Gewicht pro Block		rd. 2.8 to
Verkleidungsblock i.M. $:(0.2 + 0.75)/2 \times 0.70 \times 1.10 =$	rd.	0.4 m ³
Verkleidungsblock durchschnittliches Gewicht	= rd.	1.0 to

Eine kurze Beschreibung der Bauweise : Die äußere Umfassung jeder Lage wird durch setzen der Verkleidungssteine und einigen Reihen lagerhafter Blöcke, weitgehendst gleicher Schichtstärke gebildet. Der KERN wird mit grob abgeglichenem Blockmaterial und Abfallmaterial aus der Steinbearbeitung aufgefüllt.

Der Bedarf an LAGERHAFTEN STEINBLÖCKEN für die äußere lageweise Umfassung : MANTEL-STEINE der mittleren Größe von 1.30 m x 1.30 x 0.70 gelten als Basis für die Ermittlung der jeweiligen Schichtmengen in den Tabellen.

Bei einer Schichthöhe von 0.70 m i.M. sind $(147 \text{ m} / 0.70 \text{ m}) = \text{rd. } 210$ Schichten erforderlich. In der Tabelle sind die für die Umfassung erforderlichen Blöcke jeweils von der Basis aus gerechnet bis zur angegebenen Höhe (im Abstand von je 10 Steinlagen) gelistet. - Gesamt ergibt sich daraus (ohne Verkleidungssteine) eine Menge von rd 73.000 Steinblöcken. Zusätzlich noch für Gänge und Kammern rd. 3.000 Blöcke, also rd. 76.000 Blöcke zu je 1.2 m³ i.M.= rd. 90.000 m³ .

Die zu verkleidende Fläche erfordert lt. Tabelle rd. 88.000 Verkleidungssteine i.M. $((0.20+0.75)/2 \times 0.70) \times 1.10 = 0.40 \text{ m}^3/\text{Block} = \text{rd. } 35.000 \text{ m}^3$ Steinmaterial

Gesamt erf. KERNMATERIAL: $2,600.000\text{m}^3 - 125.000\text{m}^3 = \text{rd. } 2,475.000\text{m}^3$
 Abzüglich anstehendes Mat. $:(220 \times 220 \times 14 \text{ m i.M.}) = \text{rd. } 675.000 \text{ m}^3$

ergibt eine hochzufördernde KERNMENGE von rund 1,800.000 m3

Für BESSERWERTIGES Material für die Verkleidung (bei angen. nur rd. 3.5m Stärke i.M.) ist eine Fläche von rd.10.000 m2 notwendig. Analog hiezu für Mantelsteine bei gleicher Stärke rd. 26.000 m2. Zusammen also rd. nur 3/4 der Basisfläche der Pyramide bei nur 3.5 m Stärke LAGERHAFTER Gesteinsschichten. - Der Rest bedarf nur der Qualität des FÜLLMATERIALS

MATERIALBEDARF - MENGENTABELLE

(Erforderliche Gesamtmengen ab Basis gerechnet)

Ab der Basis		Schütt - Füll		Mantel		Verkleidungs	
Höhe	Schicht	Kubatur (f)	in %	Blöcke	in %	Blöcke	in %
7 M	10	343.036 M3	13 %	6.868	9 %	8.160	9 %
14 M	20	652.831 M3	26 %	13.397	18 %	15.920	18 %
21 M	30	931.080 M3	37 %	19.588	26 %	23.280	26 %
28 M	40	1,179.475 M3	47 %	25.440	34 %	30.240	34 %
35 M	50	1,399.711 M3	56 %	30.954	42 %	36.800	42 %
42 M	60	1,593.481 M3	64 %	36.129	49 %	42.960	49 %
49 M	70	1,762.482 M3	71 %	40.966	56 %	48.720	55 %
56 M	80	1,908.406 M3	77 %	45.465	62 %	54.080	61 %
63 M	90	2,032.947 M3	82 %	49.625	67 %	59.040	67 %
70 M	100	2,137.798 M3	86 %	53.446	73 %	63.600	72 %
77 M	110	2,224.654 M3	89 %	56.929	77 %	67.760	77 %
84 M	120	2,295.210 M3	92 %	60.074	82 %	71.520	81 %
91 M	130	2,351.158 M3	94 %	62.880	85 %	74.880	85 %
98 M	140	2,394.194 M3	96 %	65.348	89 %	77.840	89 %
105 M	150	2,426.011 M3	97 %	67.477	92 %	80.400	92 %
112 M	160	2,448.303 M3	98 %	69.268	94 %	82.560	94 %
119 M	170	2,462.764 M3	99 %	70.720	96 %	84.420	96 %
126 M	180	2,471.089 M3	99 %	71.834	98 %	85.680	98 %
133 M	190	2,474.969 M3	99 %	72.609	99 %	86.640	99 %
140 M	200	2,476.102 M3	99 %	73.046	99 %	87.200	99 %
147 M	210	2,476.180 M3	100 %	73.145	100 %	87.360	100 %

Diese Tabelle gibt einen Überblick der Größenordnung des erforderlichen Materialbedarfs in den höhenmäßigen Schichtbereichen und dient als Grundlage für alle weiteren Überlegungen im Bezug auf kontinuierlichen Einsatz von

Arbeitskräften, Geräten und die Planung eines PRAXISNAHEN realen Bauablaufes.

RAMPEN und MATERIALTRANSPORTE

Ein viel diskutiertes Thema: Wie kann man Steinblöcke mit rd. 3to Gewicht (oder mehr) transportieren und auf die gewünschte Höhe bringen ?

Der Transport in der Ebene oder auf leicht geneigter Strecke stellt kein wesentliches Problem dar. Daß SCHLITTEN als Transportmittel zur damaligen Zeit am geeignetsten waren, ist unbestritten. - Doch über die ART der Fortbewegung dieser gibt es die unterschiedlichsten Meinungen.

Das VERHÄLTNIS des erforderlichen Kraftaufwandes zur Bewegung eines Transportschlittens bei unterschiedlicher Beschaffenheit der Gleit- bzw. Rollfläche läßt sich mittels eines einfachen Versuches GRÖSSENORDNUNGSMÄSSIG im Modellversuch feststellen, bzw. auf diese Weise die zweckmäßigste (und damit die WAHRSCHEINLICHSTE) praktikable Methode eindeutig erkennen.

Die beiden Kufen (am Modell 1:20) mit je 11 cm Gleitlänge und 1.5 cm Breite haben eine Gesamtfläche von rd. 33 cm². Als Gesamtgewicht (am Modell) wurden 0.33 kg gewählt, also nur 0.01 Kg/cm² als Flächendruck.

Im NATUR-Maß : 2.20m x 0.30m x 2 = 13.200 cm² bei einer angenommenen Gesamtlast von 3.000 Kg ergibt sich ein Flächendruck von rd. 0.23 Kg/cm².

Versuch : Der mit 300 g belastete Modellschlitten (1:20) wird über 5 horizontale, unterschiedliche Unterlagsflächen gezogen und jeweils die für eine gleichmäßige Bewegung erforderliche KRAFT festgestellt.

Ergebnis des Modellversuchs (Gesamtlast 330 g)

Bei HARTER GLATTER Fläche (etwa glatter Stein) ohne Rollen	90 g
Über FEST angebrachte QUERHÖLZER (Abstand 10 mm a.Modell.)	120 g
Bei STARK angefeuchtetem TON (etwa d. Nilschlamm entsprechend)	400 g
Bei LEICHT angefeuchtetem TON	540 g

Zu bedenken ist, daß beim Modellversuch nur ein Flächendruck von rd. 0.01 Kg pro cm², - hingegen in Natura etwa 0.23 Kg/cm² auftritt. Dies ist besonders bei einem FLEXIBLEN Untergrund wie TON oder NILSCHLAMM von

Bedeutung, da neben der SOGWIRKUNG noch der WIDERSTAND durch das stärkere EINSINKEN und weitere Probleme bei GENEIGTEN Flächen hiezu kommen.

Hingegen bei Verwendung von ROLLHÖLZERN auf einer ROLLBAHN aus HALBSTÄMMEN (s. Abb.) benötigt man (am Modell) lediglich ganze - **5 g !**

Ein weiterer Vorteil dieser Variante liegt im relativ geringen Holzverschleiß, der Gleichmäßigkeit der ROLLEBENE und der einfachen Sauberhaltung der ABROLLFLÄCHEN (z.B. von Sand).

Daß immer wieder NILSCHLAMM als GLEITSCHICHTE angeführt wird, beruht (nach meiner Ansicht) auf eine Vermischung von Begriffen. - Schlamm als DÜNNE Schicht zwischen zwei HARTEN und GLATTEN Flächen wirkt reibungs-MINDERND - jedoch in DICKERER Schichte auf UNEBENEM und FLEXIBLEM Untergrund HEMMEND.

Einfache Frage : WELCHE der Varianten würde ein PRAKTIKER wählen ?

Das weit größere Problem ist das

HOCH-FÖRDERN der Lasten und Mengen.

Unterschiedlichste Meinungen gibt es über die ART der Hochförderung der LASTEN und MENGEN. - Rampen scheinen allgemein anerkannt, doch WIE diese ANGELEGT waren, ist umstritten.

Alle diese (mir bekannten) Vorstellungen haben nach meiner Ansicht einen GEMEINSAMEN Fehler : sie basieren auf einer NICHT UNTERTEILTEN gleichmäßigen Steigung - und sind in der PRAXIS aus unterschiedlichen, aber leicht zu erkennenden Gründen gar NICHT DURCHFÜHRBAR.

Neben dem Verlust an Kraft und Zeit durch den RÜCKWEG ohne LEISTUNG sind die gegenseitige BEHINDERUNG und die verminderte SICHERHEIT der Arbeitskräfte die wesentlichsten Probleme.

Was gegen die verbreitete Meinung bezüglich der damaligen Anwendung von AUSSSEN-RAMPEN senkrecht zur Basis bis etwa auf $2/5$, der Gesamthöhe, (also etwa 60 m) spricht, sei in einem einfachen Beispiel demonstriert.

Unter der Annahme, daß der fahrbare Weg rd. 10 m breit ist, das Schüttmaterial ein Böschungsverhältnis von $H:B = 2:3$ zuläßt ergeben sich bei einer jeweiligen Schütthöhe: $(H \times 1.5) \times 2 + 10\text{m}$ oder $(H \times 3) + 10\text{m}$ als Basismaß folgende Werte:

Bei $H=10\text{m} = B\ 40\text{ m}$, - bei $H=20\text{m} = B\ 70\text{ m}$, - bei $H=40\text{m} = B\ 130\text{ m}$, - bei $H=60\text{m} = B=190\text{ m}$, - bei $H=80\text{m} = B=250\text{ m}$, - also **bereits größer als die Pyramidenbasis.**

Daß die, bei einer angenommenen Rampensteigung von rd. 10% erforderlichen Schüttkubaturen bis zur Höhe von 60 m rd. 1,800.000 m³ betragen und diese Rampe auch später wieder entfernt werden muß, läßt die These der Außenrampen (senkrecht zur Basis) als unrealistisch erscheinen. Außerdem bleibt die Frage offen, wie der Materialtransport für die **restlichen 80 - 90 m** Höhe erfolgte.

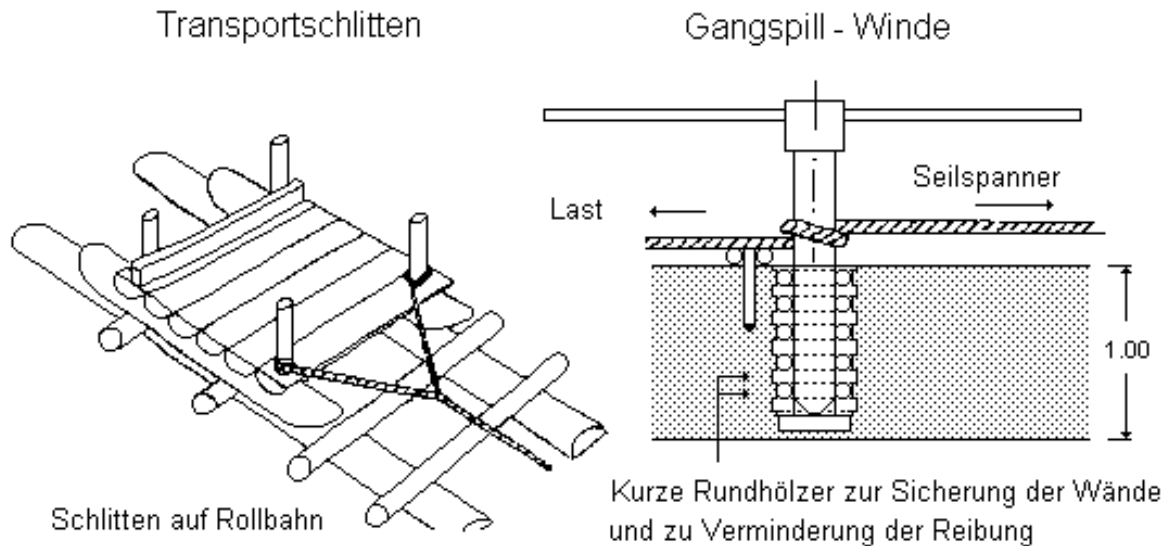
Auch die Thesen der AUSSSEN - HERUM geschütteten oder GEMAUERTEN Transportrampen sind unglaublich, schon aus der Tatsache, daß der (ungestützte) flachere Schüttwinkel des Materials eine ebenso enorme Kubatur ergeben würde, bzw. bei STEILER als die Pyramidenflächen GEMAUERTEN Stützmauern schon aus Gründen der MATERIAL-FESTIGKEIT der Nilschlamm - Ziegel und des auftretenden Druckes im Bereich der Aufstandsfläche statisch völlig unreal ist. (Vgl. Stabilität und Winkel)

Nach meiner Meinung lagen, mit Ausnahme der (Verbindungs-) Rampen zwischen Seitenentnahme bis etwa zur Höhe des anstehenden Materials (in ca 14 m Höhe) alle weiteren TRANSPORT-RAMPEN INNERHALB der (endgültigen) Pyramiden-Außenflächen, (wie auch heute noch an der Struktur der Westseite zu erkennen ist).

Die Zugleistung durch entsprechend VIELE Menschen zu erbringen, (z.B. 100 Mann je 30 Kg für rd. 3 to) würde neben den LANGEN Seillängen, PLATZ-, UMLENK- (bei Ecken), und SICHERHEITS-PROBLEMEN auch ÖKONOMISCH nicht sinnvoll sein. - Als Beispiele : der RÜCKWEG der Mannschaft über die GESAMTE Zugstrecke OHNE LEISTUNG, der nicht KONTINUIERLICHE Rücktransport der LEEREN SCHLITTEN, die BLOCKIERUNG der Rampen durch die (VIELEN) Zugmannschaften die zum Transport der erforderlichen TAGESMENGEN notwendig wären, und dgl.

FRAGE : Mit welchem einfachen GERÄT kann man Lasten hochfördern ?

Transportgeräte



Eines der einfachsten (auch HEUTE noch verwendeten) Geräte, außer einer normalen HEBELSTANGE ist das GANGSPILL. - Mit dieser leicht herzustellenden Vorrichtung (siehe Abbildung) lassen sich mit relativ geringen Kraftaufwand große Lasten BEWEGEN bzw. FÖRDERN. - Hiezu ein Beispiel:

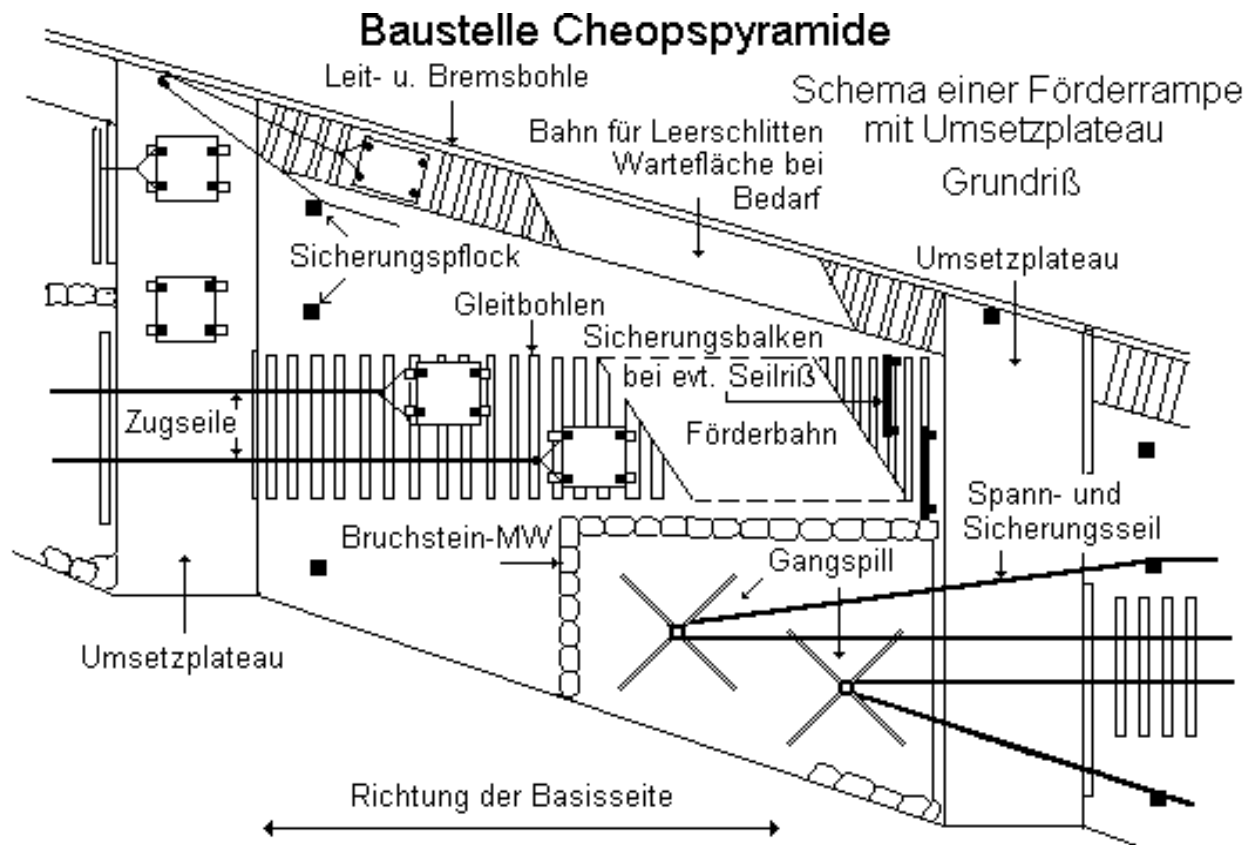
Ein GANGSPILL mit 30 cm Kern ($U = r_d 94 \text{ cm}$) durch 4 Speichen je 2 m gedreht erfordert bei 3 to Zuglast einen Kraftaufwand von : $(3.000 \text{ Kg} \times 15 \text{ cm}) / 200 \text{ cm} = 225 \text{ Kg}$. - Aufgeteilt auf die 4 Speichen ergibt dies nur rund 56 Kg/Speiche.

Normale GEHGESCHWINDIGKEIT: $r_d 4.000 \text{ m/Std} \times 0.75 \text{ (Stehzeit)} = 3.000 \text{ m/Std}$ GEHWEG = $12.5 \text{ m/Umdr.} = 240 \text{ Umdr./Std} \times 0.90 \text{ m/Umdr.} = 216 \text{ m}$ Zuglänge/Std. Ergibt als MITTLERE WINDENLEISTUNG von $r_d 2.000 \text{ m}$ Zuglänge/Arbeitstag/Winde

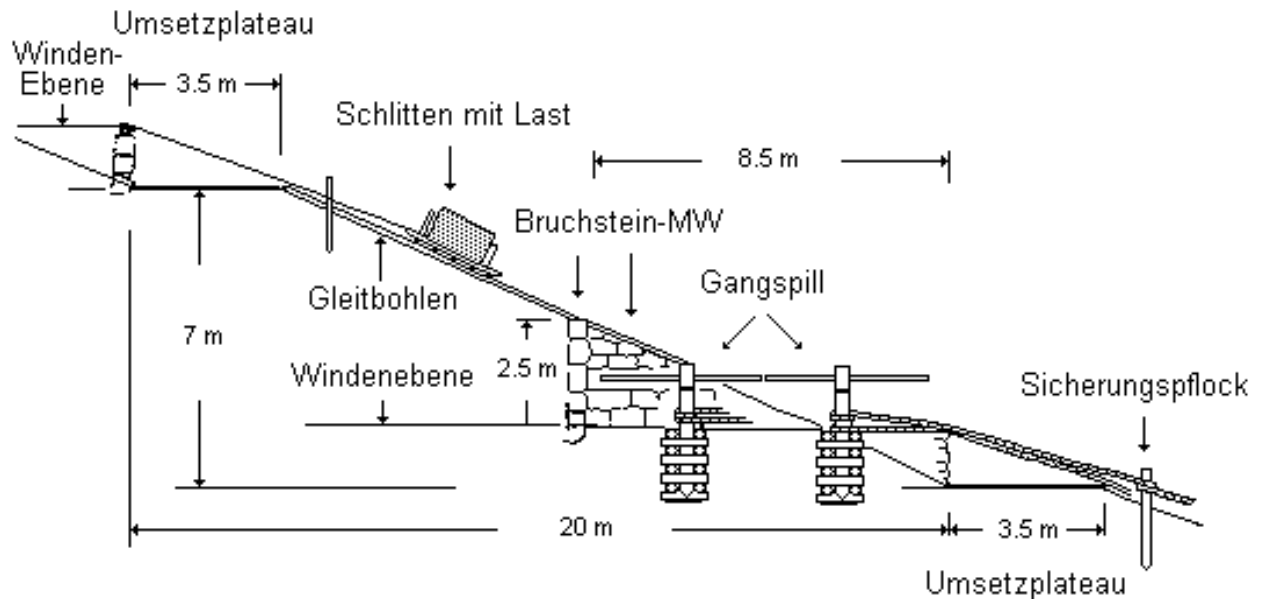
Eine Windenmannschaft besteht aus 8 Mann (Geher) und 2 Mann für Seilbedienung und Rollhölzer. Bei geringeren Neigungen werden durch Verminderung der GEHER die ROLLENLEGER kompensiert.

Anmerkung : In allen Berechnungen wurde die Zahl der Windenmannschaft voll mit 10 Mann - und auch die Zuglast voll mit 3 to berücksichtigt - auch bei schwach geneigten Transportbahnen.

Eine Lösung bietet sich an : Die RAMPE in HÖHENMÄSSIGE ABSCHNITTE von etwa 7m Höhe zu UNTERTEILEN und jeweils ein UMSETZ-PLATEAU vorzusehen. Das ergibt eine ZUGLÄNGE zwischen den Plateaus von etwa 20 m (siehe Abbildung).



Längenschnitt einer Förderrampe



Dies sowohl aus Gründen der möglichen FÖRDERKAPAZITÄT einer Winde pro AT, - als auch einer praktikablen Handhabung durch die entsprechend kürzeren SEILLÄNGEN. - Ein 100 m langes Hanfseil mit 4 cm Durchmesser für rd. 3 to nutzbare Zuglast wiegt immerhin rund 135 Kg.

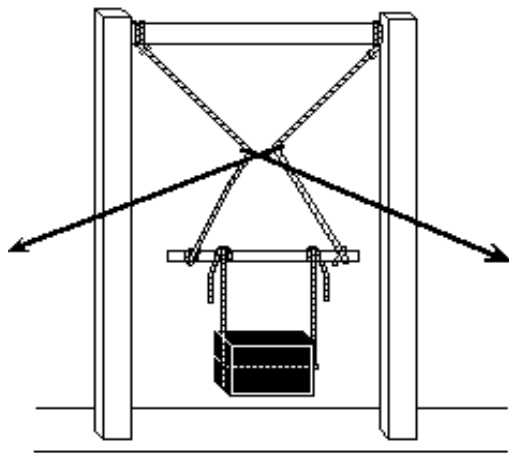
Die Vorteile : Die Arbeiter bleiben ÖRTLICH gebunden (wenig LEERWEG), HORIZONTALE Ebene für Bedienung des SPILLS, - SICHERUNG der Schlitten, Verwendung der GLEICHEN, relativ KURZEN Seile auch für den RÜCK-TRANSPORT der Schlitten, - leichtere KONTROLLE der Seile, (die Seile müssen zwecks erhöhter Zugfestigkeit FEUCHT gehalten werden) - sowie die Lösung des Problems der SEITLICHEN Verschiebung der Schlitten beim ZIEHEN, ohne dadurch den Rücktransport der LEEREN Schlitten zu behindern.

Der Vorgang : Der belastete Schlitten wird hochgezogen und ist dabei gesichert. Erreicht der Schlitten das UMSETZPLATEAU, wird das Zugseil abgehängt und zum Ablassen eines Leerschlitten verwendet. Dieser wird durch den BREMS-PFLOCK und eine seitliche Leitbohle gebremst, bzw. geführt und verbleibt bis zum nächsten Wechsel am unteren Umsetzplateau.

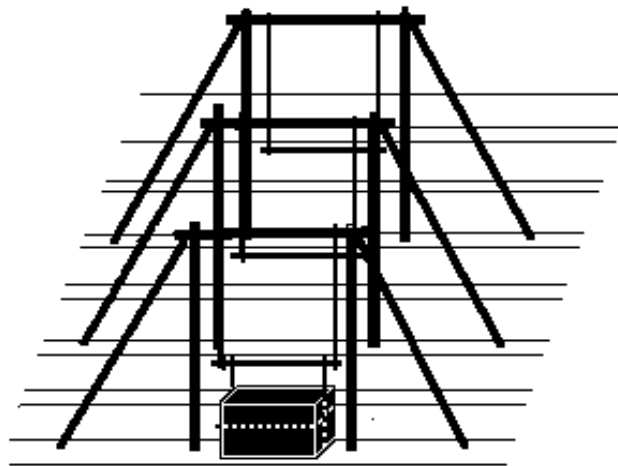
Der Lastschlitten wird in Position geschoben, das Seil des von oben gekommenen Leerschlittens daran befestigt, das andere Ende über die Winde am oberen Plateau gelegt. - Damit ist die Ausgangslage wieder hergestellt.

Bei den großen zu fördernden Tagesmengen ist natürlich besonders die KONTINUITÄT der erforderlichen Leistung im Zusammenhang mit dem vorhandenen PLATZ für die notwendigen WINDEN und die Anzahl der MÖGLICHEN FÖRDERRAMPEN von wesentlicher Bedeutung. - Daher bedarf es einer im Detail abgestimmten Bauplanung, der ein gesondertes Kapitel gewidmet ist.

Hochförderung von Steinmaterial für Rampenschließung und Verkleidung



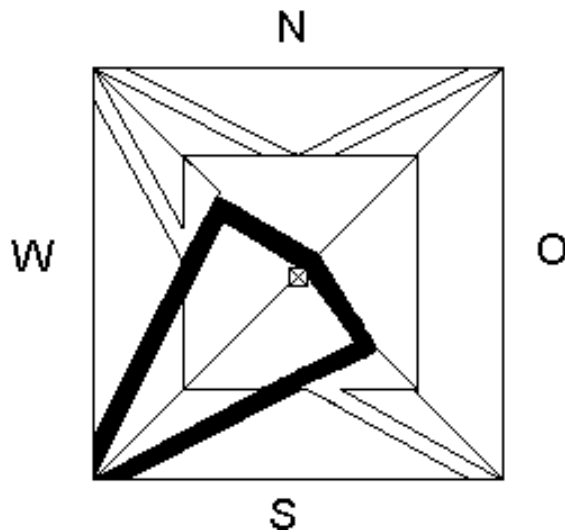
Hubseil - Prinzip



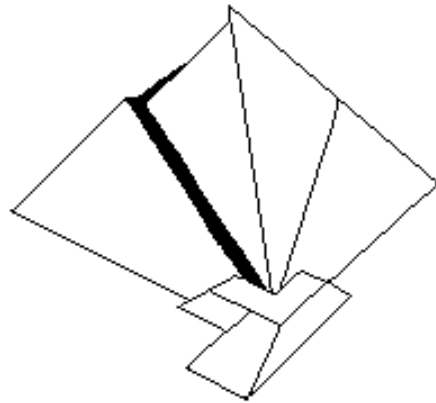
Hubseil - System

Anlage der Rampen

bei 6 - später 4 bzw. 2 Rampen

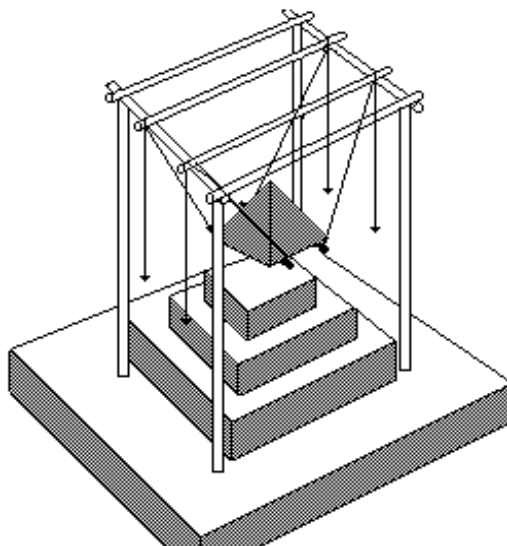


bei 2 bzw. einer Rampe

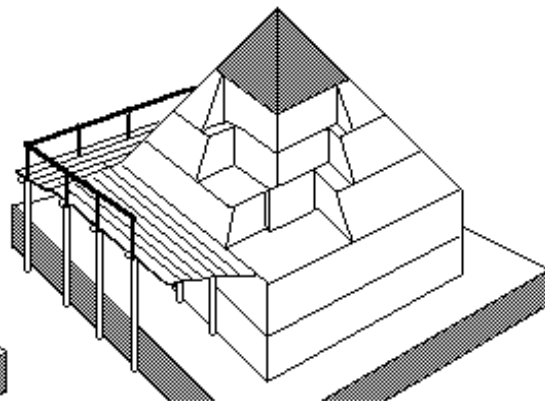


Herstellen der Pyramidenspitze

Materialtransport hierzu mittels Hubseilsystem
ebenso für die Auffüllung der letzten Rampen



Verkleidung von OBEN nach UNTEN



Ringweise Aufmauerung
Verbreiterung der Arbeitsflächen

NACHTRÄGLICHE MATERIALFÖRDERUNG für MAUERUNGEN an Verkleidungen und zum Ausbau des Rampenbereiches

Zur Hochförderung des Materials gibt es noch eine weitere einfache Möglichkeit um das Problem sowohl im Bezug auf die Sicherheit, als auch auf geringen Verschleiß und Kraftaufwand zu lösen.

Wie in der Abbildung zu erkennen ist, läßt sich auch durch eine seitliche Zugeinwirkung an den die Last tragenden Seilen eine große Hebekraft erreichen. Der Hubweg ist von der ausgeübten Kraft des (seitlichen) Zuges bzw. der Zuglänge abhängig. Je nach Zweckmäßigkeit kann diese (dem Grundsatz nach eine) Hebelwirkung angewendet werden. Weniger Hub - kleinere seitliche Kraft, oder umgekehrt (Seileck).

Die größere Sicherheit ist dadurch gegeben, daß bei der (seitlichen) Zugarbeit mehr Platz als bei Verwendung eines normalen Hebels gegeben ist und die Gefahr des Absturzes eines Hebelbalkens entfällt, - daß die Last dauernd auch beim Umsetzen (nachziehen der am Block befestigten Seile und unterlegen des Blockes) gesichert ist - und auch der Seilverschleiß in normalen Grenzen bleibt.

Daß die größtmögliche Sicherheit eines der wichtigsten Probleme ist, kann man ermessen, wenn man sich die Zahl der Toten und Verletzten (Arbeiter die unterhalb arbeiten) bei Absturz eines Bauteiles oder Hilfsmittels aus z.B. 100 m Höhe vorstellt.

Nochmals sei erwähnt, daß die Anwendung dieser Methode nur für die Hochförderung des Materials in jenen Bereichen zweckmäßig ist, in denen eine Förderung mittels Spill über Rampen nicht möglich ist. - In etwas abgewandelter Form kann dieses System auch für VERLADearbeit (z.B. der Schlitten) verwendet werden.

All das Vorstehende ist als Versuch zu werten, eine technisch mögliche Erklärung (u.a. Verkleidung der CHEPHREN-PYRAMIDE) zu finden - und das Augenmerk auf ein bisher wenig diskutiertes Problem zu lenken.

*

BAU- und NUTZHOLZBEDARF

Der Versuch den Bedarf an Bauholz beim Bau der CHEOPS-PYRAMIDE zu ermitteln kann nur als Grundlage zur Bestimmung der Größenordnung, bzw. einer Schätzung verstanden werden und bezieht sich auf die in der Abhandlung beschriebene Bauweise.

Die Nutzungsdauer bei Bauholz ist sehr unterschiedlich, je nachdem wofür das Holz verwendet wird. Als Beispiel : für Gerüste, (ohne wesentlichen Verschnitt,) kann eine NUTZUNGSDAUER von 4 - 6 Jahren angenommen werden, hingegen bei stark beanspruchten Teilen wie etwa bei Schlittenkufen oder Gleitbahnen nur eine von etwa 1 - 2 Jahren bis zur notwendigen Erneuerung. Sicher kann auch dann das (kürzere) Holz noch andere Verwendung finden, aber für den ursprünglichen Zweck ist es nicht mehr geeignet.

ERSTAUSSTATTUNG

ROLL- und GLEITBAHNEN

Als mittlere Gesamtlänge der Transportstrecke von den Entnahmestellen bis zur Einbaustelle einschließlich des horizontalen Quertransportes in den einzelnen Schichten werden 10.000m angenommen, die etwa zur Hälfte als Gleitwege (für den Rücktransport der Schlitten, bzw. Steilstrecken) ausgelegt sind.

Querhölzer (20cm stark) : 2 Stk/lfm a 2.50 = 50.000 lfm = 2.000 m³
 Längshölzer (D=30cm, halbiert) 1m/lfm = 10.000 lfm = 900 m³

SCHLITTEN (insgesamt 200 Stk, einschl. Leergut)

Kufen (D=30cm, halbiert) 2.50m/Stk x 200 = 500 lfm = 45 m³
 Auflage (D=30cm, halbiert) 4x1.50/Stk x 200 = 1.200 lfm = 110 m³
 Steher (10cm) 4.00m/Stk x 200 = 800 lfm = 10 m³

ROLLHÖLZER (für 100 Schlitten)

Rundholz (15cm stark) 6 x 2.50m/Stk x 100 = 1.500 lfm = 35 m³

WINDEN (insgesamt 100 Stk)

Drehholz (30cm stark) 3.00m/Stk x 100 = 300 lfm = 30 m³
 Stangen (10cm stark) 10.00m/Stk x 100 = 1.000 lfm = 10 m³
 Lager (Kurzholz) ca. 10.00m/Stk x 100 = 1.000 lfm = 10 m³

GERÜSTE

(2.000 lfm, 3m hoch, für Sicherung und Richtarbeit)

Steher (15cm/4m) alle 2m = $2.00/1\text{fm} \times 2.000 = 4.000 \text{ lfm} = 90 \text{ m}^3$ Div. Rundholz (10cm) = $20.00/1\text{fm} \times 2.000 = 40.000 \text{ lfm} = 400 \text{ m}^3$

BEDARF für ERSTMALIGE AUSSTATTUNG

Roll- und Gleitbahnen	2.900 m ³
Schlitten	165 m ³
Rollhölzer	35 m ³
Winden	50 m ³
Gerüste	490 m ³
Erstmaliger Verschnitt rd. 10%	360 m ³

Zusammen	rd. 4.000 m ³
----------	--------------------------

ERNEUERUNG nach VERSCHLEISS (innerhalb der Gesamtbauzeit)

Roll-u. Gleitbahnen Querhölzer	2.000 m ³	$\times 1/2 \times 8 \text{ x ers.} = 10.000 \text{ m}^3$
Längshölzer (Schienen)	900 m ³	$8 \text{ x ersetzen} = 7.200 \text{ m}^3$
Schlitten (Kufen)	45 m ³	$20 \text{ x ersetzen} = 900 \text{ m}^3$
Schlitten (Auflage)	110 m ³	$10 \text{ x ersetzen} = 1.100 \text{ m}^3$
Rollhölzer	35 m ³	$40 \text{ x ersetzen} = 1.400 \text{ m}^3$
Winden	50 m ³	$10 \text{ x ersetzen} = 500 \text{ m}^3$
Gerüste	490 m ³	$4 \text{ x ersetzen} = 1.900 \text{ m}^3$
Verschnitt für Ersatzholz	rd. 10%	= rd. 2.300 m ³

Summe Ersatz während der Gesamtbauzeit	rd. 25.300 m ³
--	---------------------------

Gesamtbedarf für CHEOPS-PYRAMIDE (Größenordnung) rd. 30.000 m³

Nicht beinhaltet ist der Bedarf für Nebenbauten und Energiezwecke. !

Mit dieser Menge an Nutzholz lassen sich, (als Beispiel), bei Annahme der Ausnützung des Holz-Transportes (in der beschriebenen Floßform) auch für den Stein-Transport aus ASSUAN rd. 5.000 m³ GRANIT-STEIN-MATERIAL (MIT-) transportieren.

Sicherlich kann man über die angenommene jeweilige Nutzungsdauer unterschiedlicher Meinung sein, aber es sei nicht vergessen, daß alles Vorstehende nur eine Größenordnung bestimmen soll und als MINDEST-KUBATUR zu verstehen ist.

Diese jedoch kann als eine Basis für weitere Überlegungen betreffend der (weit verbreiteten) Meinung der "Holzbeschaffung" aus dem LIBANON, bzw. dem GRANIT-Stein-Transport aus ASSUAN und den damit verbundenen "Schiffstransporten" verwendet werden.

*

SCHACHT- und TUNNELARBEITEN

Die Ausschachtung des Zuganges zur Kammer des 1. Bauentwurfes mit der beachtlichen Länge von über 100m bei rd. 30m Höhenunterschied wirft eine Menge von Fragen auf, welche vorerst einer Klärung bedürfen.

Der Zugang zur Grabkammer wurde in den anstehenden Fels geschlagen und ist in den Bereichen der nicht homogenen Schichten verkleidet. Die reinen Innenmaße betragen ca. 1.00 x 1.20, was etwa (im verkleideten Teil) den Ausbruchmaßen $1.40 \times 1.60 = 2.25 \text{ m}^3/\text{lfm}$ Ausbruch entspricht.

Diese Maße lassen nur den Einsatz EINES Mannes zum direkten Abbau (Herstellen des Einbruchs) VOR ORT zu. Für den Vollausbau, Flächenbearbeitung und die Hochförderung des Materials je nach Förder- bzw. Seillänge weitere Arbeitskräfte. Transport vermutlich mittels leichter Schlitten, da auch das Ablassen der (unbelasteten) Seile ein bestimmtes Gewicht erfordert.

Zu den WESENTLICHSTEN Problemen im Schachtbau zählt die Frage :

WIE erfolgte die BELÜFTUNG und BELEUCHTUNG im Schacht ?

Heute wird Druckluft zur BEWETTERUNG (Frischluftzufuhr) verwendet. Meist geschieht dies mittels Kompressoren, die es natürlich damals noch nicht gab. - Dafür gab es eine andere EMPIRISCHE Erkenntnis :

Bei einem im Winkel von etwa 20-30 Grad aufsteigenden Schacht wird vor Ort die Luft durch die Wärme, welche durch die Beleuchtung (Öllicht oder Kienspan) und die Körperwärme entsteht leichter, - steigt zur Decke und entlang dieser nach oben dem Eingang zu.

Das dadurch am Boden entstehende (leichte) Vakuum zieht die kältere (schwerere) Luft nach unten. Dadurch entsteht ein THERMISCHER Kreislauf, der die benötigte Sauerstoffmenge vor Ort garantiert. - Dies läßt sich durch Versuche mit langen Röhren und verschiedenen Steigungswinkeln einfach überprüfen.

Zur AUSRICHTUNG des Schachtes nach NORD noch einige Gedanken

Warum liegen die Eingänge der Pyramiden, bei denen die Zugänge vorwiegend unter der BASIS geschachtet wurden, meist NÖRDLICH der Grabkammern ?

Eine Erklärung dafür, (abgesehen von einer religion-bedingten) könnte darin liegen, daß die vorerwähnte Wirkung des thermischen Kreislaufes durch die sonnenbestrahlte - und dadurch wärmere Luft an einem in SÜDRICHTUNG gelegenen Eingang durch RÜCKSTAU eine Zirkulation verhindern und damit die Arbeiten wesentlich erschweren - oder bei größeren Tiefen sogar unmöglich machen würde.

Daß z.B. neben der Errichtung des SÜDLICHEN Luftschachtes in der 3. Königskammer, was meiner Meinung nach aus religiöser Sicht (Verbindung KÖNIG = SONNE-GOTT) eher entsprechen würde, auch die eines NÖRDLICHEN Luftschachtes erfolgte, läßt die begründete Vermutung zu, daß dieser aufgrund der vorerwähnten TECHNISCHEN Bedingungen angelegt wurde.

*

ALLGEMEINE BAUSTELLEN-EINRICHTUNGEN und BETRIEB

Während der gesamten Bauzeit sind, unabhängig vom Baufortschritt NEBENLEISTUNGEN zur Aufrechterhaltung des Baubetriebs und der Einrichtungen erforderlich. Diese Leistungen werden hier unter dem Begriff BAUREGIE ermittelt und sind in den einzelnen Abschnitten unter diesem Titel jeweils in Gesamtsumme ausgeworfen, bzw. berücksichtigt.

(AT = Arbeitstag)

VERMESSUNG : 5 x 6 Mann (4 Seiten und eine nach Bedarf) = 30 M

WERKZEUGHERSTELLUNG u. INSTANDHALTUNG : 10 x 5 Mann = 50 M

ZIMMERER : Schlitten-Instandhaltung, Holzvorrichtungen u. dgl. = 40 M

WASSER-ZUBRINGUNG : Trink- u. Nutzwasser (z.B. Feuchthaltung der Seile)

Entnahme aus Brunnen bzw. NIL-KANAL : geschätzter Tagesbedarf insgesamt 60m³ / AT (60.000 Lt) - Transportweg i.M. 1 Km durch Tragtiere und Wassersäcke Leistung/Tragtier/AT = 20 Km/AT = 10 Transporte zu je 150 Lt = 1.5 m³/AT / Tragtier ergibt den Einsatz von rd. 40 Tragtieren. Dazu noch für

das Füllen, den Zwischentransport zur Verwendungsstelle, Lagerung, Treiber
insges. = 100 M

WEG-INSTANDHALTUNG : Für Zufahrtswege und ROLLBAHNEN
zwischen den Seitenentnahmen und Baustelle, Rampen im Pyramidenbereich,
Lagerflächen dgl. wird ein max. Gesamtausmaß von rd. 5 Km mit einer
mittleren Breite von etwa 10m angenommen.

Bei Instandhalten von 100 m Weglänge pro Mann = 50 M

SEIL-INSTANDHALTUNG : Feuchthaltung und Zwischentransp. = 30
M

SANITÄR-INSTANDHALTUNG : = 20 M

ALLGEMEINE BAUTRANSPORTE : Werkzeuge, Seile, Holz u. dergleichen
5 Gespanne und 5 Tragtiere = 10 M

AUFSICHTS-PERSONAL : (nicht mitarbeitend) = 100 M

--

Zusammen im Durchschnitt rd. 430 Mann

=====

Für ZEITGEBUNDENE Leistungen an der Baustelle selbst, den
Steinentnahmestellen, den Zubringerwegen, Vermessung u.dgl. kann nach
Vorstehendem ein mittlerer Personalstand von insgesamt rd. 430 MANN
angenommen werden.

*

BAUZEIT und LEISTUNG

Die Bauzeit der CHEOPS- und der CHEPHREN - PYRAMIDE zusammen
erstreckt sich über einen Zeitraum von etwas über 50 Jahre.

Die Pyramiden stehen in unmittelbarer Nähe. Beide Basen befinden sich
höhenmäßig innerhalb der gleichen geologischen Felsschichte, wobei die
Basishöhe der CHEPHREN - PYRAMIDE etwa 10 m höher als die der
CHEOPS - PYRAMIDE liegt.

Die für die Verkleidung besonders geeigneten Schichten liegen im
Höhenbereich zwischen den beiden Basishöhen (siehe Regelquerprofil).

Daraus ergäbe sich eine logische Erklärung, warum CHEOP nicht seine Pyramide am höchsten Punkt des Gizaplateau erbauen ließ. Durch die vorgenommene Standortwahl konnte das erforderliche Steinmaterial (auch besserwertige Steine) leichter gewonnen - und die Transportleistung erheblich reduziert - werden.

Zu den umstrittensten Themen im Zusammenhang mit dem Pyramidenbau gilt die Frage nach der Anzahl der erforderlichen Arbeitskräfte, wobei die Annahmen zwischen 4.000 und 100.000 Mann liegen.

Um hier Klarheit zu schaffen, ist es vorerst notwendig praxisnahe real mögliche Einzelleistungen festzustellen und den Bauablauf im Bezug auf gegenseitige Behinderung, kontinuierliche Leistung, Geräte-Kapazität, Arbeitsraum und nicht zuletzt die Sicherheit der Arbeitskräfte abzustimmen, - bzw. festzulegen.

Bauzeit in Arbeitstagen für die CHEOPS - PYRAMIDE

Bisher sind uns die Ausmaße der gesamten erforderlichen Materialien, sowie die Zeitspanne in der die entsprechenden Leistungen zu erbringen waren (annahmeweise lt. Herodot 20 Jahre) bekannt.

Gehen wir nun davon aus, daß ca. 2 Monate des Jahres aus Gründen wie Ernte, Pflanzung, Festtage u.Ä. entfielen, verbleiben rd. 300 Arbeitstage/Jahr. Dies ergibt in 20 Jahren eine Gesamtanzahl von rd. 6000 produktiven Arbeitstagen zur Erbringung der Gesamtleistung.

Rechnet man rd. 1/4 der Gesamtbauzeit für die Herstellung der Wege, für die Freimachung und Abgleichung der Basis sowie für die Grobgestaltung des anstehenden Materials, Schachtarbeiten des 1.Bauentwurfs, Aufschließung der Steinbrüche, Herstellung von Transport- u. sonstigem Gerät und allgemeine Vorarbeiten ab, so verbleiben als "reine" Bauzeit ohne Nebenanlagen rd. 4500 produktive Arbeitstage.

Stellen wir uns die Pyramide in Schichten zu je 7m Höhe (10 x 70cm) unterteilt vor und ermitteln unter Verwendung der Tabellen die bis zu den jeweiligen Höhen zu erbringenden Leistungen und den hiefür erforderlichen Bedarf an Arbeitskräften, ergibt sich eine Basis für weitere Überlegungen.

Die Errechnung ist in einem eigenen Kapitel abschnittsweise erfaßt.

LEISTUNGSANSÄTZE (Ergebnisse in Mann-Arbeits-Tagen = MAT)

Die Kubatur des Schüttmaterials ist in m³ (fest) angegeben und entspricht etwa 1.25 m³ (lose). Die Leistungsansätze beziehen sich auf m³ fest.

PRODUKTIVE ARBEITSZEIT = 9 Std./ AT (Arbeitstag)

ZUFUHR - Weite Entnahme-Basiswinden i.M. = 500 m (max.5 % bis eben)
(Bis H=28 m gilt diese Zufuhrweite auch von der Entnahme zur Einbaustelle)

TRANSPORTE mit Tieren Gespann-Geschwindigkeit i.M. = 1000m / Std.
1 Gespann- (Zwischen)transp. bis 500m x 2 = 1000m = 1 Std. + Ladezeit =
2 Std für 1 m³ (f) = rd. 4 Fahren/AT = 0.25 Gespann-AT/m³ (f) bzw. Block.

WINDENLEISTUNG (30cm Kernd./3 to Zugkraft) : Gehzeit 4 Km/Std.x 0.75
(Stehzeiten) = 3000m/Std : 12.5m/Umdr.= 240 Umdr./Std. x 0.90m/U = rund
216m/Std. - Das ergibt als mittlere Leistung : (216m x 9 Std) = rd.2000 m ZL
(Zugleistung)/AT/W (Winde) bei 10 Mann / Winde = Bedienungsmannschaft

BLOCKSTEINE für Mantel (aus lagerhaften Schichten)

Lösen, grob behauen, laden : 1 Block = rd. 1.2m³ = 2 MA x 2 AT = 4.00MAT
Abladen und seitlich lagern : 5 MA = 20 Blöcke/AT = je Block = 0.25MAT
Versetzen : 4 MA = 4 Blöcke/AT (Zw.Transp. - 10m) = 1 Block = 1.00MAT
Zufuhr Entnahme zur Förderbasis (bzw. Einbaust.) rd 500 m i.M. = 0.25MAT
Winden und Zwischentransporte je nach Höhelage

SCHÜTTMATERIAL und FÜLLSTEINE für KERN und Rampen

Lösen u. aufladen : 2 MA = 2 m³/AT = 1 m³ (f) bzw. 1 m³ Block = 1.00MAT
Zufuhr Entnahme zur Förderbasis (bzw. Einbaust.) rd 500 m i.M. = 0.25MAT
Abladen, verteilen u. einb.: 5 MA = 20 m³/AT = 1 Mann 4 m³/AT = 0.25 MAT
Winden und Zwischentransporte je nach Höhelage

VERKLEIDUNGSSTEINE (aus der höherwert. Schichte - H = 7 m)

Lösen, bearbeiten, laden : 1 Block = rd. 0.40m³ = rd 1 m² Sichtfläche =
(rd. 2 m² zu bearbeiten) = 4 MAT/Block (= 1 m² Verkl.Fläche) = 4.00 MAT
Versetzen : 4 Mann = 5 Blöcke (je 0.4 m³)/AT = 0.80 MAT
Zufuhr Entnahme zur Förderbasis (bzw. Einbaust.) rd 500 m i.M. = 0.20 MAT

Winden und Zwischentransporte je nach Höhelage

Verhältnis Bauzeit zur erbringenden Leistung

Ein wesentliches Kriterium ist die zeitgerechte Bereitstellung der Steinblöcke für den Mantel. Diese Steinbruch-Leistung ist erfahrungsgemäß mit geringeren Abweichungen als kontinuierliche Leistung anzusetzen.

Bringen wir nun die Leistungs-Massen ins (vorerst Durchschnitts-) Verhältnis zur verfügbaren Bauzeit, so ergeben sich (rein rechnerisch) als durchschnittliche Tages-Leistungen folgende Werte:

BLOCK-STEINE für Mantel u.Gänge rd.	90.000 St/4500 AT = rd. 20 St/AT
VERKLEIDUNGS-STEINE	rund 88.000 St/4500 AT = rd. 20 St/AT
FÜLL - MATERIAL (fest)	rund 1,800.000 m ³ /4500 AT = rd.400 m ³ /AT

Selbverständlich kann die Durchschnitts-Tagesleistung NICHT als erforderliches Tages-Leistungs-Maß für Füllmaterial verwendet werden, da noch andere Kriterien zu berücksichtigen sind. Doch ergibt sie eine Vorstellung über die Größenordnung für weitere Gedankengänge.

*

ARBEITEN in der 5 jährigen VORBEREITUNGSZEIT

SCHACHTUNGS-LEISTUNG bei 1.Bauplanung = gesamt rd.600 m³ (fest)

Abbau für den Einbruch im Bereich des Zuganges (für rd.100 m Länge) ist nur durch EINEN Mann möglich. Als Tagesleistung für das Lösen und Laden vor ORT ist durch die besonderen Erschwernisse nur eine Menge von 1.0 m³/MAT (dies entspricht etwa 0.5 lfm Vortrieb/AT) anzunehmen. Für den Vollausbuch, Nacharbeiten der Flächen, den Hochtransport und einplanieren des Materials insgesamt 10 Mann. - Dies ergibt einen mittleren Arbeitsaufwand von 20 MAT/lfm Ausbruch. - Oder auf die Bauzeit des Zuganges bezogen = ca. 200 AT.

Ein Schichtbetrieb könnte die Bauzeit selbverständlich erheblich reduziert haben. Raummäßig bedingt ist der Einsatz mehrerer Arbeitskräfte in der Grabkammer selbst möglich, sodaß die Gesamtbauzeit samt Einbau der

teilweisen Verkleidung des Zuganges mit etwa 2 Jahren angenommen werden kann.

ABGLEICHUNG des anstehenden Kernmaterials zur groben Pyramidenform.

Vorerst wird die GROB-ABSTECKUNG der Pyramide auf dem Plateau vorgenommen. Nach Festlegen der N/S - Richtung, des Mittelpunktes und unter Berücksichtigung des schon besprochenen "Verhältnismaßes" (höhenbezogen) die seitlichen Begrenzungslinien abgesteckt, wobei allseitig jeweils ein ca. 12m breiter innenliegender Streifen als Transportweg für die Mantel- und Verkleidungssteine (Rampen) vorgesehen wird.

Wie im Kapitel STANDORTWAHL näher beschrieben, wird die Plateauhöhe des anstehenden Materials mit rund 14 m (noch sichtbar) über der Basis angenommen.

Diese Höhe entspricht auch der des Einganges bzw. Zuganges zur 1.Grabkammer welche dem Herrscher vorerst eine Grabstätte SICHER stellte.

Um an das festgelagerte Material heranzukommen, (s. Querprofile), muß erst die darüberliegende, weniger qualitative Schichte abgebaut werden. Dieses Material wird als FÜLLMATERIAL auf das Plateau gefördert und innerhalb der grob abgesteckten Fläche schichtweise eingebaut.

In den unteren Schichten erfolgt der Zutransport teilweise (fast) horizontal und kann, wie der Quertransport großteils mit Einsatz von Gespannen durchgeführt werden. Bei zunehmend größeren Höhenunterschieden werden stufenweise Winden (über Rampen) eingesetzt.

Wie aus der Tabelle "Kernmengen" zu entnehmen sind für den Bereich 14-28 m (über der Basis) gesamt rd. 530.000 m³ (f) erforderlich. Für die (noch nicht geschütteten) Rampen sind rd. 80.000 m³ abzuziehen.

Es verbleiben rd.450.000 m³ zu fördern um vorerst den groben Kern bis H =28m herzustellen. Die Auffüllung der Rampen wird bei der abschnittsweisen Ermittlung der Massen berücksichtigt.

Lösen, laden, Verfuhr bis 500m, abladen und einbauen = rd. 1.5 MAT/m³

$450.000 \text{ m}^3 / 1.500 \text{ AT} = 300 \text{ m}^3 / \text{AT} \times 1.5 \text{ MAT/m}^3 = \text{i.M. } 450 \text{ Mann}$

Hochfördern : Insgesamt i.M 10 Winden je 10 Mann = i.M. 100 Mann

FREIMACHEN der BASIS durch Abtragen der lagerhaften Steinschichten im Bereich der Basis u. $H = 7\text{m}$ in Breite von rd. $10\text{ m} = \text{rd. } 70\text{ m}^3/\text{lfm} \times 1.000\text{ m} = 70.000\text{m}^3$, hochfördern der zur Verkleidung (und Mantel) geeigneten Steine und für spätere Verwendung auf der $H = 7\text{m}$ seitlich (unbearbeitet) lagern. (Angen. 20.000m^3)

Der Rest von rd. 50.000 m^3 ist in den 450.000 m^3 bereits inkludiert.

Ansatz : $20.000\text{ m}^3/1.500\text{ AT} = \text{rd. } 14\text{ m}^3/\text{AT} \times 3.0\text{ MAT} = \text{rd. } 40\text{ Mann}$	
3 Winden je 10 Mann	= 30 Mann
Zeitgebundene BAUREGIE	430 Mann

Für die Arbeiten der "ANLAUFZEIT" ein mittl. Bedarf rd. 1050 Mann

Nach den in den ersten 5 Jahren der (Gesamt-) Bauzeit durchgeführten Arbeiten wie Herstellen der 1. Grabkammer samt Zugang ($H=14\text{ m}$), Grobgestaltung des Pyramidenkerns bis $H = 28\text{m}$ mit anlegen einer ca. $10 - 12\text{m}$ breiten Auffahrtsrampe, Abgleichen der Basis, Herstellen der Zufahrten, Aufschließung der Entnahmestellen, Zwischenlagerung von rd. 20.000 m^3 Block- u. Verkleidungssteinen auf $H = 7\text{m}$, Zutransport von Bauholz, Werkzeugen, Transportmittel und sonstigen Vorarbeiten verbleiben zur Durchführung der Aufbauarbeit rd. 4.500 AT oder 15 Jahre.

Nachstehend soll der leistungsbezogene Bedarf an Arbeitskräften in den jeweiligen Abschnitten ermittelt werden. Zur groben Unterteilung werden die Höhen 28 m , 56 m , und 98 m als Schichtgrenzen herangezogen. Bis zur Höhe 28m ist der Quertransport des Materials vom jeweiligen Rampenkopf bis zur Einbaustelle noch mit Gespann möglich. Darüber hinaus mittels Winden. - Quer- u. Hochtransportlängen werden als MAXIMALLÄNGEN angegeben, um noch über ausreichende RESERVEN zu verfügen.

Der Begriff FÜLLMATERIAL umfaßt sowohl unbearbeitete Steinblöcke, als auch schütffähiges Material. Die Ausmaße in den Tabellen sind in Festkubatur angegeben.

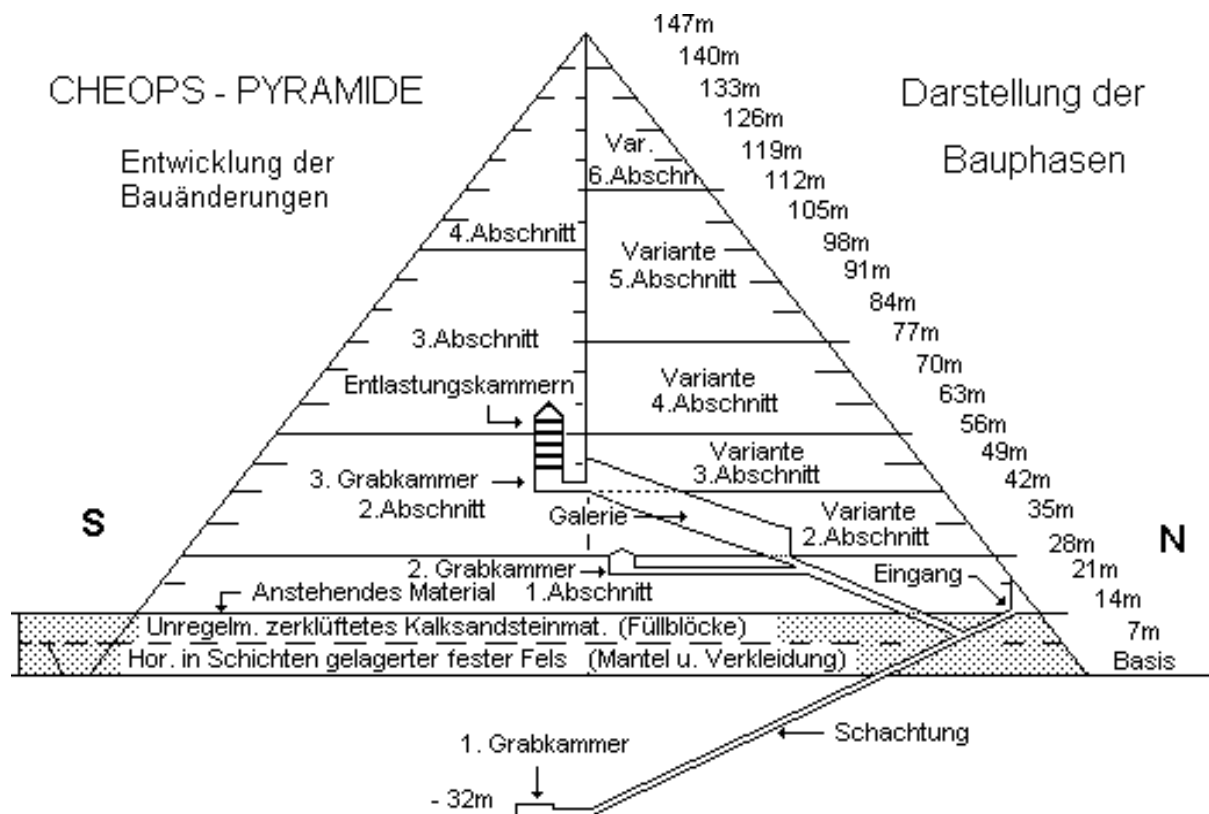
Als Maß für die Bauzeittage gilt das kontinuierliche Herstellen und Versetzen von 20 Mantelblöcken und der entsprechenden Verkleidungssteine/AT. Die Kubatur der Füll-Leistung wurde dem angepaßt.

Der Vorteil des bereits vorgelagerten Steinmaterials wurde bei der Ermittlung der Bauzeit des 1. Bauabschnittes im Ausmaß von 260 AT berücksichtigt.

1.) Abschnitt bis 28 m ü. Basis: 34% BSTM = 1.530 AT-260 AT = rd 1.270AT

Dieser Abschnitt entspricht etwa der (ursprünglich vorgesehenen ?) Fertigstellung des 1. Bauentwurfes. Die Höhe des PORTALES (mit einigen Metern Überschüttung) läßt dies vermuten. - Vorwiegend besteht die Leistung aus Verkleidungsarbeiten des in den ersten 5 Jahren aufgebauten KERNES und der (teilweisen) Auffüllung der Rampen-Wege.

LEISTUNGEN NACH BAUABSCHNITTEN



ÜBERGANG des 1. zum 2. BAUENTWURF

Der weitere Ausbau (von einer riesigen MASTABA zur PYRAMIDE) war nur eine Frage der Regierungszeit bzw. der Gesundheit des Königs. - Es ist kaum anzunehmen, daß im Falle des Ablebens eines Königs dessen Nachfolger aus Pietät den Bau seines eigenen Grabmales vernachlässigt und unzählige Jahre dafür aufwendet hätte, das Grabmal seines Vorgängers fertig zu stellen. - Diese Erkenntnis mag auch der Grund für die stufenweise Änderung der Anlage gewesen sein.

Schon nach Fertigstellung der 1. Grabkammer (eine Begräbnisstätte ist damit bereits gesichert), etwa 2 Jahre nach Baubeginn, (die Höhe des bis dahin aufgebrachten Füllkernes lag bei ca. $H = 21\text{m}$, dürfte der Entschluß zum Anlegen einer 2. GRABKAMMER getroffen worden sein.

Die Herstellung des VERBINDUNGSGANGES vom 1. zum 2. Zugang (Schacht der Diebe) dürfte in der Notwendigkeit einer AUSREICHENDEN Belüftung beim AUSBRUCH der 1. GRABKAMMER zu suchen sein, (vergl. Schachtarbeiten) stellt aber aufgrund der relativ geringen Kubaturen kein wesentliches Erschwernis dar. Bei vorzeitiger Festlegung der Entwurfsänderung könnte sogar dieser Gang teilweise schon im Zuge der Kernauffüllung erstellt worden sein.

Die Höhe 28 m über der Basis entspricht etwa der Höhe der Sattel-Abdeckung der 2. Grabkammer. - Ab Basis sind bis $H = 28\text{ m}$ folgende Leistungen zu erbringen :

25.440 Mantel-Blöcke $25.440 \times 6.25 \text{ MAT} = 159.000 \text{ MAT} / 1270 \text{ AT} = \text{i.M. } 125 \text{ M}$
 30.240 Verkleid.- Bl. $30.240 \times 5.00 \text{ MAT} = 151.200 \text{ MAT} / 1270 \text{ AT} = \text{i.M. } 120 \text{ M}$
 $192.100 \text{ m}^3 (\text{R.} + \text{Füll.}) 192.100 \times 1.50 \text{ MAT} = 288.150 \text{ MAT} / 1270 \text{ AT} = \text{i.M. } 230 \text{ M}$

Windenleist./AT = $100 \text{ m}^3 / \text{Winde} / \text{AT}$. Erforderl. = $120 \text{ m}^3 (\text{Sch}) + 40 \text{ m}^3 (\text{B}) = \text{rd. } 160 \text{ m}^3$

Es werden 2 Winden für je 7m Höhe eingesetzt.

Bis $H = 28 \text{ m} = 4 \times 2$ Winden mit einer Zuglänge je $20 \text{ m} = 8 \text{ W} \times 10 \text{ Mann} = \text{i.M. } 80 \text{ M}$

Anmerkung : Nach dem Setzen der Verkleidungssteine im unteren Bereich bis $H = 7 \text{ m}$ werden je Seite im Eckbereich 2 Verbindungsrampen zwischen dem anstehenden Material außerhalb der Pyramide wieder aufgefüllt, um das höher gelegene Material (u.a. die rd. 20.000 m^3 am Felsplateau $H = 7 \text{ m}$ vorgelagerten Block- u. Verkleidungssteine) weitgehendst horizontal zur Einbaustelle bringen zu können.

Der horizontale Transport vom jeweiligen Rampenkopf bis zur Einbaustelle ist in den Ansätzen der Block- bzw. Füll-Leistung enthalten.

Die im Zuge der Angleichung der vorgenannten Transportwege erfordert eine später wieder zu entfernende Kubatur von insgesamt rd. 4.000 m^3 . - Diese Leistung wird im Rahmen der Bauregie bei Bauende ausgeführt.

Für die Herstellung der 2.GRABKAMMER inkl. ZUGÄNGE wird für die 1.270 AT ein ZUSÄTZLICHER mittlerer Arbeiteraufwand von rd. 20 Mann als real angenommen. - Das sind rd. 25.000 MAT zur Erbringung dieser Leistung.

ÜBERGANG des 2. zum 3. BAUENTWURF

Bis $H = 28$ m sind, dank der in der Zeit der ersten 5 Jahre aufgetragenen Kernkubatur, an Füllmaterial (hauptsächlich für Rampen) nur mehr relativ geringe TAGESMENGEN (durchschn. 120 m³) bei einem BASIS-WINDEN-Einsatz von nur 2 Winden erforderlich. Bei der Größe der Pyramide ist mit sehr großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß im 1. Bauabschnitt MEHR Basiswinden Einsatz fanden.

Diese Annahme wird durch die noch heute an den NORD-, WEST- und SÜD-Fronten deutlich, sowohl durch unterschiedliche Blockgrößen, als auch durch die Farbe des verwendeten Materials erkennbare Anlage von Rampen gestützt.

Ein Einsatz mehrerer Basiswinden ergibt natürlich auch eine größere Kapazität der Förderleistung bzw. eine VORZEITIGE Erbringung der Füllmaterialleistung. Auch eine bessere Absicherung gegen Eindringen von oben (in die 2. Grabkammer) durch Aufbringen einer stärkeren Überlagerung könnte zu dem Entschluß der HÖHERFÜHRUNG beigetragen haben.

Der Bedarf an KERNMATERIAL zwischen $H = 28$ m und 56m beträgt rund 739.000 m³. Dafür verfügbare Bauzeit rd. 1260 AT, was einer erforderlichen mittleren Leistung von rd. 590 m³/AT entspräche. - Als Konsequenz drängt sich der Gedanke auf, (wie schon beim 1. Bauentwurf) zum Ausnützen der Windenkapazität und Minderung der mittl. Tagesleistung im 2., schon in der Bauzeit des 1. Abschnittes FÜLLMATERIAL VORZULAGERN. Der zusätzliche Einsatz von 3 Basiswinden (je 100 m³/AT) während der Bauzeit des 1. Abschnittes (1.270 AT) ergibt eine Fördermöglichkeit für die Vorlagerung von rd. 381.000 m³. (Etwa bis $H = 42$ m über Basis).

$381.000 \text{ m}^3 \text{ FÜLLMATERIAL} \times 1,5 \text{ MAT} = 571.500 \text{ MAT} / 1270 \text{ AT} = \text{i.M. } 450 \text{ M}$

WINDEN f. VORLAGERUNG (i.M.- $H=35$ m)= $5 \times 3 = 15 \text{ W}$ $\times 10$ Mann=
i.M.150M

Insgesamt, inklusive der Bauregie (rd. 430 Mann) ergibt für diesen Abschnitt:

einen durchschnittlichen Bedarf an Arbeitskräften von rd. 1600 MANN.

2.) ABSCHNITT 28 - 56m ü. Basis : 28% des Blocksteinmat. = rd. 1260 AT

Folgende Leistungen sind für diesen Abschnitt noch zu erbringen :

20.025 Mantel-Blöcke $20.025 \times 6.25 \text{ MAT} = 125.160 \text{ MAT} / 1260 \text{ AT} = \text{i.M. } 100 \text{ M}$
 23.840 Verkleid. - Bl. $23.840 \times 5.00 \text{ MAT} = 119.200 \text{ MAT} / 1260 \text{ AT} = \text{i.M. } 95 \text{ M}$
 358.000 m³ Schütt. $358.000 \times 1.50 \text{ MAT} = 537.000 \text{ MAT} / 1260 \text{ AT} = \text{i.M. } 425 \text{ M}$

Windenleistung/AT analog vor, jedoch 5 (Sch) x 5 (W) x 10 MA = i.M. 250 M

Für den hor. Quertransport des Materials mittels Winden (statt Gespann)
 sind für diesen Abschnitt 10 Winden je 10 MAT vorgesehen = i.M. 100 M

Für die Herstellung der 3. GRABKAMMER samt GALERIE u. ZUGANG wird für die 1.260 AT ein ZUSÄTZLICHER mittlerer Arbeiteraufwand von rd. 50 Mann als real angenommen. Das sind insgesamt rd. 63.000 MAT zur Erbringung dieser Leistung.

Insgesamt inklusive der Bauregie (rd. 430 Mann) für diesen Abschnitt :

ein durchschnittlicher Bedarf an Arbeitskräften von rd. 1450 MANN.

Bis jetzt wurden (im Bezug auf die Gesamtleistung) rd. 62 % des Block- und Verkleidungs-Steinmaterials sowie rd. 76 % des erforderlichen Füll-materials eingebaut. Die 3 Grabkammern sind fertig und die oberste (gegen von OBEN eindringen) durch eine bzw. mehrere Steinlagen, wie schon dargelegt, gesichert.

4030 AT der gesamten Bauzeit (6000 AT) wurden bisher aufgewendet.

Es verbleiben als noch zu erbringende Leistung : rd. 27.700 Mantel-, 33.300 Verkleidungsbl. und rd. 581.000m³ Füllmaterial im Zeitraum von rd. 1970AT

3.) ABSCHNITT 56-98m über Basis : 26% des Blockmaterials = rd. 1170 AT

Folgende Leistungen sind für diesen Abschnitt zu erbringen :

19.883 Mantel-Blöcke $19.883 \times 6.00 \text{ MAT} = 119.300 \text{ MAT} / 1170 \text{ AT} = \text{i.M. } 100 \text{ M}$
 23.760 Verkleid.- Bl. $23.760 \times 5.00 \text{ MAT} = 118.800 \text{ MAT} / 1170 \text{ AT} = \text{i.M. } 100 \text{ M}$

Für diesen Abschnitt sind insgesamt rd. 495.000 m³ Füllmaterial erforderlich, (dies ergibt rd. 425 m³ i.M./AT). Die gesamt (bis zur vollen Höhe) noch zu erbringende Füllkubatur beträgt rd. 581.000 m³. Diese wären im Zeitraum von rd. 1970 AT, (i.M. rd. 295 m³/AT) zu leisten.

Um die Anzahl der Basiswinden zu vermindern und die Förderleistungen gleichmäßig zu halten, ist es zweckmäßig, einen Teil der KERN-AUFFÜLLUNG erst im nächsten Abschnitt hoch zu fördern. Dadurch könnte zumindest 1 Basiswinde eingespart werden. Aus diesem Grund werden als Leistung für diesen Abschnitt 350 m³/AT Füllmaterial eingesetzt. - Dies ergibt bei 1170 AT rd. 409.500 m³.

$409.500 \text{ m}^3 \text{ Füllmaterial} \times 1.5 \text{ MAT} = 614.250 \text{ MAT} / 1170 \text{ AT} = \text{i.M. } 530 \text{ M}$
 Windenleistung : $= 4 \text{ (W)} \times 13 \text{ (Sch)} = 52 \text{ (W)} \times 10 \text{ MAT} = \text{i.M. } 520 \text{ M}$

Für den horiz. Quertransport des Materials mittels Winden (statt Gespann) sind für diesen Abschnitt 10 Winden je 10 MAT vorgesehen = i.M. 100 M

Insgesamt, inklusive der Bauregie (rd. 430 Mann) für diesen Abschnitt:

ein durchschnittlicher Bedarf an Arbeitskräften von rd. 1780 MANN.

Bis jetzt wurden (im Bezug auf die Gesamtleistung) rd 96 % des Block- und rund 90 % des Verkleidungs-Steinmaterials verbaut.

5200 AT der Bauzeit (6000 AT) wurden bisher aufgewendet.

Es verbleiben noch zu erbringende Leistungen : rd 7.800 Mantel-, 9.500 Verkleid. -Blöcke und rd. 171.000m³ an Füllmaterial in einem Zeitraum von rund 800 AT

4.) ABSCHNITT 98m bis Spitze : Restbauzeit = rd. 800 AT

7.800 Mantel-Blöcke x 6.00 MAT = 46.800 MAT/800 AT = i.M. 60 Mann

9.500 Verkleid.- Bl. x 5.00 MAT = 47.500 MAT/800 AT = i.M. 60 Mann

171.000 m³ Füllmat. x 1.50 MAT = 256.500 MAT/800 AT = i.M. 320 Mann

Windenleistung : 4 Basisw. x 20(Sch) = 80 W x 10 Mann = i.M. 800 Mann

Für den horizont. Quertransport des Materials mittels Winden sind für diesen Abschnitt 10 Winden je 10 MAT vorgesehen = i.M. 100 Mann

Insgesamt, inklusive der Bauregie (rd. 430 Mann) für diesen Abschnitt:

ein durchschnittlicher Bedarf an Arbeitskräften von rd. 1770 MANN.

*

Z U S A M M E N F A S S U N G

Diese Aufstellung dient zur Bestimmung des Arbeiterbedarfs.

In den Leistungsansätzen sind außer den allgemein nieder gehaltenen Werten noch nachstehende RESERVEN enthalten :

- 1.) Die Leistungsansätze sind nur auf einen 9 Stunden - Arbeitstag bezogen
- 2.) Für die Prod. Bau-Arbeitstage wurden nur 300 AT pro Jahr angenommen
- 3.) Möglicher Mehrschichtbetrieb bei den Schachtungen nicht berücksichtigt
- 4.) Für die Windenleistungen wurden die längsten Zugstrecken gerechnet
- 5.) Bessere Ausnützung der Kapazitäten durch DETAILPLANUNG möglich
- 6.) Teilweise Herstellung Mantel- und Verkleidungsmat. für den 1.Bauentwurf schon während der Vorarbeiten.

Selbst unter Annahme, daß die in den vorstehenden Kapiteln angenommenen Leistungsansätze aus irgendwelchen Gründen zu nieder erscheinen sollten, (z.B. Bauverzögerungen durch nicht kontinuierliche Bauleistung, zeitweiliger Mangel an Arbeitskräften, Spitzenbedarf u.dgl.) und trotz der vorzitierten Reserven ein größerer Einsatz von Arbeitern notwendig gewesen wäre, so ergäbe sich selbst bei einer VERDOPPELUNG der ARBEITSKRÄFTE für den Bau der Pyramide (ohne Tal-Tempel, Umfassungsmauer, sonstiger Kultbauten und

Holzbeistellung) ein GESAMTBEDARF an Arbeitskräften (INKL. BAUREGIE) in Höhe von :

- 1.) Vorarbeiten, 1.Bauentwurf = 1.500 AT mit 1.050 bzw. $\times 2 = 2.100$ Mann
- 2.) 1.Abschnitt -28m ü. Basis = 1.270 AT mit 1.600 bzw. $\times 2 = 3.200$ Mann
- 3.) 2.Abschnitt 28-56m ü. Basis = 1.260 AT mit 1.450 bzw. $\times 2 = 2.900$ Mann
- 4.) 3.Abschnitt 56-98m ü. Basis = 1.170 AT mit 1.780 bzw. $\times 2 = 3.560$ Mann
- 5.) 4.Abschnitt 98-Spitze = 800 AT mit 1.770 bzw. $\times 2 = 3.540$ Mann

Der MAXIMALE Arbeitskräfte-Bedarf für Entnahmen und Baustelle demnach

INKLUSIVE BAUREGIE zwischen rund 1.800 und max. 3.600 MANN

ZUGGESPANNE für An-u. Zwischentransport 150 bzw. $\times 2 = 300$ Gespanne
 TRAGTIERE für Wasser- und Kleintransporte 50 bzw. $\times 2 = 100$ Last-Tiere

Zusammenfassend kann aufgrund der vorstehenden Überlegungen und nachvollziehbaren Leistungsansätzen als sicher angenommen werden, daß zum Bau der Pyramiden weder Größenordnungen von 100.000 Mann, - noch die Beihilfe von außerirdischen Lebewesen (Däniken) notwendig war, sondern sich diese sicher sehr beachtlichen Leistungen im Rahmen einer Großbaustelle durchaus durchführen ließen.

*

VARIANTE zur BAUPLANUNG

Diese Variante wurde als Beispiel und zur Kontrolle erstellt, um einen Überblick zu geben, wie durch detailliertere Planung z.B. - ein gleichmäßigerer Einsatz an Arbeitskräften, - besseres ausnützen der Windenkapazität und eine Einsparung an Bauzeit ermöglicht werden kann.

Der Aufstellung liegen die gleichen Leistungsansätze und Voraussetzungen wie schon beschrieben zugrunde. Die Abschnitte entsprechen in etwa den schon besprochenen Bauphasen (21m, 42m, 56m usw.) und sind in Kurzform dargestellt. Die Ausmaß-Werte sind den entsprechenden Tabellen zu entnehmen.

1. ABSCHNITT bis H = 21m (1. Bauentwurf) Bauzeit 900 AT

Kernfüllung bis 28m (7m davon für 2.Bauentw.), Mantel u. Verklei. bis 21m

BAUREGIE = i.M. 430 M

KERN-FÜLLUNG $526.644:900\text{AT} = 585\text{m}^3/\text{AT} \times 1.50 \text{ MAT}/\text{m}^3 = \text{i.M. } 880 \text{ M}$

MANTELBLÖCKE $19.588:900\text{AT} = 22\text{BL}/\text{AT} \times 6.25 \text{ MAT}/\text{BL} = \text{i.M. } 140 \text{ M}$

VERKLEIDUNG $23.280:900\text{AT} = 26\text{BL}/\text{AT} \times 5.00 \text{ MAT}/\text{BL} = \text{i.M. } 130 \text{ M}$

WINDEN 6 W x 2 Sch (ab 7m) = 12 W x 10 M = i.M. 120 M

SCHACHTUNG u. 1.GRABKAMMER = i.M. 20 M

Arbeitskräfte für 1. Bauabschnitt (inkl. Bauregie) = i.M. 1.720 M

=====

2. ABSCHNITT H = 21 - 42m (2. Bauentwurf) Bauzeit 900 AT

Kernfüllung 28m-42m, Mantel. u. Verkl.21m-42m, 2.Grabkammer u. Zugang

BAUREGIE = i.M. 430M

KERN-FÜLLUNG $414.006:900\text{AT} = 460 \text{ m}^3/\text{AT} \times 1.50 \text{ MAT}/\text{m}^3 = \text{i.M. } 690 \text{ M}$

MANTELBLÖCKE $16.541:900\text{AT} = 19 \text{ BL}/\text{AT} \times 6.25 \text{ MAT}/\text{BL} = \text{i.M. } 120 \text{ M}$

VERKLEIDUNG $19.680:900\text{AT} = 22 \text{ BL}/\text{AT} \times 5.00 \text{ MAT}/\text{BL} = \text{i.M. } 110 \text{ M}$

WINDEN $6 \text{ W} \times 6 \text{ Sch (ab 7m)} = 36 \text{ W} \times 10 \text{ M} = \text{i.M. } 360 \text{ M}$

2.GRABKAMMER u. ZUGANG $27.000 \text{ MAT} : 900 \text{ AT} = \text{i.M. } 30 \text{ M}$

Arbeitskräfte für 2. Bauabschnitt (inkl. Bauregie) $= \text{i.M. } 1.740 \text{ M}$

=====

3. ABSCHNITT H = 42 - 56m (3. Bauentwurf) Bauzeit 900 AT

Kernfüllung 42m-56m, Mantel u. Verkl. 42m-56m, 3.Grabkammer u. Zugang

BAUREGIE $= \text{i.M. } 430 \text{ M}$

KERN-FÜLLUNG $314.925:900\text{AT}=350 \text{ m}^3/\text{AT} \times 1.50 \text{ MAT}/\text{m}^3 = \text{i.M. } 525 \text{ M}$

MANTELBLÖCKE $9.336:900\text{AT} = 11 \text{ BL}/\text{AT} \times 6.25 \text{ MAT}/\text{BL} = \text{i.M. } 70 \text{ M}$

VERKLEIDUNG $11.120:900\text{AT} = 13 \text{ BL}/\text{AT} \times 5.00 \text{ MAT}/\text{BL} = \text{i.M. } 65 \text{ M}$

WINDEN $6 \text{ W} \times 7 \text{ Sch (ab 7m)} = 42 \text{ W} \times 10 \text{ M} = \text{i.M. } 420 \text{ M}$

WINDEN für Quertransport $= 10 \text{ W} \times 10 \text{ M} = \text{i.M. } 100 \text{ M}$

3.GRABKAMMER, GALERIE u. ZUGANG $63.000 \text{ MAT}/900 \text{ AT} = \text{i.M. } 70 \text{ M}$

Arbeitskräfte für 3. Bauabschnitt (inkl. Bauregie) $= \text{i.M. } 1.680 \text{ Mann}$

=====

4. ABSCHNITT H = 56 - 77m Bauzeit 900 AT

Kernfüllung 56m-77m, Mantel u. Verkl. 56m-77m, (nur mehr 4 Basiswinden)

BAUREGIE $= \text{i.M. } 430 \text{ M}$

KERN-FÜLLUNG $316.248:900\text{AT}=350 \text{ m}^3/\text{AT} \times 1.50 \text{ MAT}/\text{m}^3 = \text{i.M. } 525 \text{ M}$

MANTELBLÖCKE $11.464:900\text{AT} = 13 \text{ BL/AT} \times 6.25 \text{ MAT/BL} = \text{i.M. } 85 \text{ M}$

VERKLEIDUNG $13.680:900\text{AT} = 15 \text{ BL/AT} \times 5.00 \text{ MAT/BL} = \text{i.M. } 80 \text{ M}$

WINDEN $4 \text{ W} \times 10 \text{ Sch (ab 7m)} = 40 \text{ W} \times 10 \text{ M} = \text{i.M. } 400 \text{ M}$

WINDEN für Quertransport $= 10 \text{ W} \times 10 \text{ M} = \text{i.M. } 100 \text{ M}$

Arbeitskräfte für 4. Bauabschnitt (inkl. Bauregie) $= \text{i.M. } 1.620 \text{ Mann}$

=====

5. ABSCHNITT $H = 77 - 112 \text{ m}$ Bauzeit 900 AT

Kernfüllung $77-112 \text{ m}$, Mantel u. Verkl. $77-112\text{m}$, (nur mehr 4 Basiswinden)

BAUREGIE $= \text{i.M. } 430 \text{ M}$

KERN-FÜLLUNG $223.649:900\text{AT} = 250 \text{ m}^3/\text{AT} \times 1.50 \text{ MAT/m}^3 = \text{i.M. } 375 \text{ M}$

MANTELBLÖCKE $12.339:900\text{AT} = 14 \text{ BL/AT} \times 6.25 \text{ MAT/BL} = \text{i.M. } 90 \text{ M}$

VERKLEIDUNG $14.800:900\text{AT} = 17 \text{ BL/AT} \times 5.00 \text{ MAT/BL} = \text{i.M. } 85 \text{ M}$

WINDEN $4 \text{ W} \times 15 \text{ Sch (ab 7m)} = 60 \text{ W} \times 10 \text{ M} = \text{i.M. } 600 \text{ M}$

WINDEN für Quertransport $= 8 \text{ W} \times 10 \text{ M} = \text{i.M. } 80 \text{ M}$

Arbeitskräfte für 5. Bauabschnitt (inkl. Bauregie) $= \text{i.M. } 1.660 \text{ Mann}$

=====

6. Abschnitt $H = 112 - \text{Spitze}$ Bauzeit 300 AT

Kernfüllung $112-140\text{m}$, Mantel u. Verkl. 112-Top , (nur mehr 2 Basiswinden)

BAUREGIE $= \text{i.M. } 430 \text{ M}$

KERN-FÜLLUNG $27.799:300\text{AT} = 90 \text{ m}^3/\text{AT} \times 1.50 \text{ MAT/m}^3 = \text{i.M. } 135 \text{ M}$

MANTELBLÖCKE $3.877:300\text{AT} = 13 \text{ BL/AT} \times 6.25 \text{ MAT/BL} = \text{i.M. } 85 \text{ M}$

VERKLEIDUNG $4.800:300\text{AT} = 16 \text{ BL/AT} \times 5.00 \text{ MAT/BL} = \text{i.M. } 80 \text{ M}$

WINDEN $2 \text{ W} \times 20 \text{ Sch (ab 7m)} = 40 \text{ W} \times 10 \text{ M} = \text{i.M. } 400 \text{ M}$

WINDEN für Quertransport $= 4 \text{ W} \times 10 \text{ M} = \text{i.M. } 40 \text{ M}$

Arbeitskräfte für 6. Bauabschnitt (inkl. Bauregie) $= \text{i.M. } 1.170 \text{ Mann}$

Zusammenstellung

1.Abschnitt (1.GRABKAMMER u.ZUGANG)	900 AT = 3 Jahre = i.M. 1.720 M
2.Abschnitt (2.GRABKAMMER u.ZUGANG)	900 AT = 3 Jahre = i.M. 1.740 M
3.Abschnitt (3.GRABKAMMER u.ZUGANG)	900 AT = 3 Jahre = i.M. 1.680 M
4.Abschnitt (56 - 77 m)	900 AT = 3 Jahre = i.M. 1.620 M
5.Abschnitt (77 - 112 m)	900 AT = 3 Jahre = i.M. 1.660 M
6.Abschnitt (112 - Top)	300 AT = 1 Jahr = i.M. 1.170 M

 ---Summen 4.800 AT = 16 Jahre max. 1.740
 Mann
 =====

Selbst die VERDOPPELUNG der Arbeitskräfte **ergibt nur max. 3.480 MANN**

Im Vergleich zur ursprünglichen angenommenen BAUZEIT (20 Jahre) ergäbe sich bei etwa GLEICHER maximaler Anzahl an Arbeitskräften die Möglichkeit, die Bauzeit auf etwa 16 JAHRE zu reduzieren.

*

ARBEITSABLAUF - PLANUNG

VERMESSUNGSARBEITEN am Plateau des anstehenden Materiales (H=14m)

1.) Absteckung des Pyramiden-Mittelpunktes, Bestimmung der SÜDRICHTUNG im Bezug auf diesen Punkt durch Festlegen (bei gleicher Schenkellänge) der Richtungen des entsprechenden Sonnenrandes bei AUF- bzw. UNTERGANG und HALBIERUNG des sich zwischen diesen beiden Schenkeln ergebenden Winkels.

2.) Festlegen der Basismaße, Abstecken der Begrenzungen auf der Nord-Süd-Linie vom Mittelpunkt aus. Anschlagen der RECHTEN WINKEL mittels

geteilter Halbkreis-Bogenlänge (bzw. Winkelsymmetrale), bei Mittelpunkt und den N-S Begrenzungspunkten. Kontrollmessung aller Winkel und der (gleichen) Begrenzungsmaße. Vermarkung der Fluchten durch Versicherungspunkte auch AUSSERHALB des Pyramidenbereiches.

3.) Festlegen der Basishöhe aufgrund der Schichtenlage des für MANTEL- und VERKLEIDUNG geeigneten, anstehenden Steinmaterials. (Diese Schichten sind auch HEUTE noch deutlich zu erkennen).

4.) Abstecken der parallel zu den Basisgrenzen liegenden INNEREN Begrenzungen für die KERN-AUFBRINGUNG (unter Berücksichtigung der künftigen FÖRDER-RAMPEN), sowie für die Abgleichung des Pyramiden-Stumpfes im Bereich zwischen anstehendem PLATEAU und der künftigen Basis.

Der seitliche Abstand zur Basisseite richtet sich nach dem Höhenunterschied der beiden Ebenen und wird durch das schon beschriebene VERHÄLTNISSMASS ermittelt. Die Markierung erfolgt mittels im Winkel des Verhältnismaßes angeschlagenen Profilen am anstehenden Plateau.

FREILEGEN der künftigen BASIS-SEITEN

1.) Abtragen der OBEREN, für den KERN geeigneten Schichte (i.M. 8m stark,) außerhalb der angeschlagenen Profile, in den abgesteckten Kernbereich verführen und profilgerecht einbauen.

Bis zur Erreichung der für Mantel und Verkleidung geeigneten Schichten bleiben die ÜBERGÄNGE in Plateauhöhe erhalten, die durch kleinere seitliche Rampen beschickt werden.

Begonnen wird an der östlich gelegenen Basisseite, da von dieser Seite aus (durch die leicht abfallende Schichtung des Materials für Mantel u. Verkleidung nach Ost) eine Erschließung der Abbaustellen für dieses Material günstiger erscheint. Höhenmäßige Förderung (wie schon beschrieben) mit GANGSPILL-WINDEN.

2.) Abbau von Mantel- u. Verkleidungsmaterial entlang der Basisseiten auf einer Breite von etwa 20 m, hochfördern auf das Ostplateau ($H = \text{i.M. } 6 \text{ m}$), vorsortieren nach Schichtstärken und grob vorrichten, ungeeignetes Material als Kern einbauen. (Für die Verkleidungsbasis geeignete Blöcke aus der rd. 1.5m starken Schicht verbleiben vor Ort).

3.) Nach Freilegung der östlichen Basisseite genaues Festlegen dieser Seite unter Verwendung der AUSSERHALB gelegenen VERSICHERUNGS-PUNKTE (Spannseil und Lot). Gleiches bei den anderen Seiten.

Herstellen eines WAAGRISSES unter Verwendung des schon beschriebenen Vorläufers der Wasserwaage und VERMARKUNG nach mehrmaliger Kontrollmessung.

4.) Ansetzen der Verkleidungsbasis nach Lage und Höhe. Abgleichung der Höhe (vorwiegend nur an der Nord- u. Südseite) durch Auswahl geeigneter Blöcke (gleicher Schichtstärke) bzw. Nacharbeiten der Aufstandsflächen. - Während dieser Arbeiten erfolgt unabhängig die Kernauffüllung über die noch verbliebenen ÜBERGÄNGE in $H = 14 \text{ m}$.

5.) An der SW-Ecke bleibt außerhalb des ca. 20 m Bereiches das Material für die spätere Herstellung einer Beschickungsrampe in $H=14\text{m}$ bestehen.

Die SCHACHTUNGS-ARBEITEN am Zugang zur 1. Grabkammer (ab der Höhe des anstehenden Materiales, $H = 14 \text{ m}$) werden unabhängig vorge-nommen. Gleichfalls der Belüftungsschacht (Schacht der GRABRÄUBER ?) nach erreichen der Kammer.

VERSETZEN der Mantel- u. VERKLEIDUNGSSTEINE für 1. GRABSTÄTTE

Schichtweise versetzen der Mantel- u. Verkleidungssteine und Ausbildung der INNERHALB der Basisfläche gelegenen Förderrampen bis $H = 20\text{m}$. - Die Beschickung von der Basis bis $H = 7 \text{ m}$ erfolgt über kleine (außerhalb der Basis gelegene) Zubringerrampen im Bereich der bis zu dieser Höhe fertiggestellten ECKEN. Hochförderung mit Gangspill-Winden.

ÜBERGANG zur Anlage der 2. und 3. GRABSTÄTTE.

Die 2. GRABKAMMER wird samt Zugang und Abdeckung hergestellt.

Aufmauern der GALERIE im Zuge der Kernauffüllung, Errichtung der 3. GRABSTÄTTE und der "Entlastungs-Kammern" (die wahrscheinlich als Schutz gegen Eindringen von OBEN dienen sollten, aber statisch wenig Wert haben).

Ergänzen des Mantels und der Verkleidung an der Nord und Ost-Seite bis zur Höhe 56 m. - Ausbauen der beiden an der SW - Ecke gelegenen INNENRAMPEN, die als künftige Förderrampen (an der Süd- u. Westseite) mit

je 2 BASIS-WINDEN verwendet werden. Beschickung bis $H = 14$ m über eine Verbindungsrampe im (bereits erwähnten) Bereich der SW - Ecke.

Nach Erreichen der $H = 77$ m wird an der Südseite Mantel, Verkleidung und Rampenauffüllung durch eine entlang der SW-Kante an der Südseite angelegten Rampe (rd. 42 Grad) bis zur SW-Ecke komplettiert. Bis $H = 112$ m wird diese mit zwei Basiswinden bestückte Rampe vorwiegend zum Transport des Materiales der Süd- u. Ostseite verwendet.

Im Höhenbereich ab 112 m werden für die Rampe an der Westseite nur mehr zwei Basiswinden benötigt. - Nach Erreichen der vollen Höhe wird analog vor eine 2. (westseitig der SW-Kante) Rampe angelegt und die noch verbliebenen Flächen fertiggestellt.

Alle anderen Arbeitsgänge sind bereits im Detail ausführlich beschrieben

*

WARUM WERDEN GROSS-BAUTEN ERRICHTET ?

Menschliches Leben wird von zwei Urtrieben bestimmt, auf das sich alles Tun zurückführen läßt. Den SELBSTERHALTUNGS- und den FORTPFLANZUNGS-TRIEB, - wobei ersterer sich in die Begriffe SICHERUNG der NAHRUNG und SCHUTZ unterteilen läßt. Die GRUPPENBILDUNG bietet Schutz, setzt aber bestimmte Regeln des Zusammenlebens voraus, denen sich alle zu unterwerfen haben. Dies erfordert sowohl bei Menschen, als auch bei Tieren eine sanktionsfähige, anerkannte FÜHRUNGSMACHT.

Ist dies in der Regel bei Tieren der STÄRKSTE, so ist dies beim Menschen DER, welcher den anderen den EINDRUCK zu vermitteln vermag, der Gruppe die SICHERUNG der NAHRUNG, der Ordnung und der SICHERHEIT gewährleisten zu können.

Da sich das Schutzbedürfnis einer Gruppe auch auf nicht vom Menschen beeinflussbare NATURERSCHEINUNGEN erstreckt, muß es logischerweise eine HÖHERE Macht als die des Führungs-MENSCHEN geben. Der Glaube daran ist schließlich die Grundlage aller Religionen.

Jene Führung, der es gelingt sich auch diesen Glauben zunutze zu machen, indem es der Gruppe GLAUBHAFT machen kann, auch STELL-VERTRETER dieser ÜBERNATÜRLICHEN Macht auf Erden zu sein, - stärkt ihre Macht.

Um sich von der Gruppe HERVORRAGEND zu unterscheiden bedarf es auch AUSSERGEWÖHNLICHER Merkmale. Dies kann sich z.B. durch Reichtum, Prunk, Rituale oder besondere BAUTEN, die den Glauben verstärken, erreichen lassen. (Tempel, Moscheen, Kirchen, Paläste und nicht zuletzt GRABMALE).

In jeder Gruppe steckt ein weit über das Erfordernis der Nahrungsbeschaffung hinausgehendes LEISTUNGSPOTENTIAL. Wird nichts GESCHAFFEN, kann auch nichts VERTEILT werden. - MANGEL an BESCHÄFTIGUNG fördert den Müßiggang und verhindert auch jede RANGORDNUNGSBILDUNG, welche aber wieder zur Aufrechterhaltung der Ordnung erforderlich ist. Darüber hinaus kann LEISTUNG als Maßstab einer (gerechten?) Verteilung der produzierten NAHRUNG (durch den Herrscher) herangezogen werden.

Ist das allgemeine Bedürfnis der ERNÄHRUNG gesichert, so ist es fast sekundär, WIE diese überschüssige Arbeitskraft eingesetzt wird. - Am besten läßt sich dies am Beispiel der vielen Kirchen, Paläste u.dgl. erklären, deren Bau wohl dem vorzitierten ANSEHEN des Machthabers dient, nicht aber der Gruppe direkt.

Spätestens hier werden Sie sich fragen : Was hat das alles mit den Pyramiden zu tun? - Nun, ich bin der Meinung, daß der Bau der PYRAMIDEN vorwiegend aufgrund vorstehender "wirtschaftspolitischer" Überlegungen nach dem Motto "TEILE und HERRSCHE" erfolgte und nicht nur um das Geltungsbedürfnis einzelner Herrscher zu befriedigen.

War die CHEOPS-PYRAMIDE mit TURA-STEIN verkleidet ?

Sicher ist die Frage provokant, aber nicht ohne Grund gestellt. Worauf stützt sich im Wesentlichen die These, daß die CHEOPSPYRAMIDE voll verkleidet war ?

- 1.) Auf die (rd. 2 Jahrtausend später) von HERODOT aufgezeichneten mündlichen Überlieferungen, welche aber kein die Verkleidung der CHEOPS-PYRAMIDE betreffendes Detail bzw. deren (höhenmäßiges) Ausmaß enthalten,
- 2.) Auf die wenigen Meter der noch heute sichtbaren angesetzten ersten Schar im Profil behauener Verkleidungssteine aus ANSTEHENDEM Steinmaterial (siehe Materialentnahmen),
- 3.) Auf die ebenfalls heute noch sichtbare Verkleidung des oberen Teiles der CHEPHREN-PYRAMIDE (als gewichtigstes Argument), wobei ANGENOMMEN wird, daß sowohl diese, als auch die CHEOPS-PYRAMIDE VOLL verkleidet waren und das Steinmaterial dieser Verkleidungen wieder ABGETRAGEN und einer anderen Verwendung zugeführt wurden.

WOFÜR diese Verkleidungssteine mit TRAPEZ-QUERSCHNITT, - wenn man davon ausgeht daß diese in der FORM den noch heute sichtbaren Steinen entsprechen, in der PRAXIS überhaupt VERWENDBAR sind, bleibt ein technisches RÄTSEL. - Versuchen Sie damit eine MAUER zu errichten - oder ein Bauwerk mit mit lotrechtem Mauerwerk zu VERKLEIDEN - es werden Ihnen die AUFLAGERFLÄCHEN fehlen. - Ein Stein hat natürliche, spaltbare (Struktur-) Flächen. Die schräg behauene glatte Fläche ist aber KEINE solche.

Versuchen Sie die (schräge) SICHTFLÄCHE durch SPALTEN aufzuteilen, so werden Sie dies erkennen. - Wozu also den Aufwand des ABTRAGENS, des TRANSPORTES und eine allfällige aufwendige BEARBEITUNG in Kauf nehmen, wenn LAGERHAFTES BLOCK-MATERIAL aus nahe gelegenen Steinbrüchen viel einfacher zu gewinnen ist ? - Bestimmt eine interessante Frage !

Eine der (aus meiner Sicht) WICHTIGSTEN Fragen : "WIE wurden denn diese VERKLEIDUNGSSTEINE (ohne sichtbare Spuren zu hinterlassen !) wieder ABGETRAGEN" - wurde in keiner (mir bekannten) Publikation gestellt, bzw. wurde dafür eine logische und TECHNISCH DURCHFÜHRBARE Erklärung gegeben.

Versuchen wir die MÖGLICHKEITEN eines Abtrages zu überlegen und gehen dabei von der ANNAHME aus, daß die CHEOPS-PYRAMIDE KOMPLETT verkleidet war.

1.) Der Abtrag erfolgt von der Spitze aus, was die logischste und sicherste Möglichkeit eines Abtrages ist, da auch der Abtrag, z.B. eines Hauses von OBEN her beginnt und (schon aus statischen Gründen) nicht vom Fundament aus. - Dies setzt einmal voraus, daß ein (der Abbruchleistung entsprechender) Zugang zur P.-Spitze, (was kein besonderes technisches Problem ist,) geschaffen wird.

Jetzt könnten die einzelnen Steine über die (glatten) Flächen entweder ABGESEILT werden, was allerdings ENORME SEILLÄNGEN, (2 x Abseillänge) oder bei stufenweiser Abseilung die zusätzliche Schaffung ausreichend großer PODESTE zur Umsetzung erfordern würde. Der Sicherheitsfaktor für die UNTER der LAST arbeitenden Arbeiter wäre gleich Null.

Die 2. Möglichkeit bestünde darin, an der Basis einen entsprechenden SAND-AUFFANG-WALL aufzuschütten und die Steine (glatt an glatt) über die Flächen abrutschen zu lassen. - Mit Abstand die EINFACHSTE, BILLIGSTE und auch relativ SICHERSTE Methode.

Das Fehlen noch heute sichtbarer PODESTE würde für diese These sprechen, da nicht anzunehmen ist, daß die Kubaturen aus dem Abtrag der (allfälligen) Podeste wieder aufgefüllt bzw. hergestellt wurden.

Die angeführte 2. Möglichkeit könnte eine technisch durchführbare Erklärung ergeben, wobei allerdings eine Frage offen bleibt : Auf der gesamten Pyramiden-Mantelfläche sind keine Teile von dem (angenommenen) Verkleidungsmaterial oder deren Vermörtelung sichtbar geblieben, bzw. auffindbar - und des Weiteren : Warum sind gerade die am LEICHTESTEN rückgewinnbaren STEINBLÖCKE an der Basis stehen geblieben, während sonst ALLE (etwas übertrieben) SPURLOS entfernt wurden . - Doch jetzt stellt sich ein HAUPTPROBLEM :

WIE erfolgte der ABTRAG der Verkleidung der CHEPHREN-PYRAMIDE ?

Wurde der Abtrag, (was nach vorstehenden Ausführungen gegen jede menschliche Vernunft wäre), von UNTEN beginnend durchgeführt, ergäbe sich das Problem der ABWÄRTS-FÖRDERUNG, da ja bei AUFSTEIGENDEM

Abtrag keine Gleitflächen mehr vorhanden wären, oder wenn man davon ausginge, daß nur TEILWEISE Flächen stehen gelassen wurden, würde dies zumindest HORIZONTALE Zubringerwege entsprechender BREITE erfordern (von denen allerdings auch noch etwas zu erkennen sein müßte, aber nicht IST). Ausserdem würde eine permanente UNTERMINIERUNG der darüberliegenden Schichten stattfinden.

Da eine Rückgewinnung durch ABSEILEN (aus schon besprochen Gründen) als UNWAHRSCHEINLICH gelten kann, müßte andererseits ein einfaches HINUNTERWERFEN der VERKLEIDUNGSSTEINE (abgesehen vom hohen Anteil an zerbrochenem Material) auch SICHTBARE SPUREN an dem VERBLIEBENEN Blockmaterial hinterlassen haben, von denen auch nichts zu erkennen ist.

Sollte jedoch der Abtragsvorgang von OBEN nach UNTEN (wie vorher für die CHEOPS-PYRAMIDE angenommen) erfolgt sein, warum wurde nicht mit dem Abtrag bei der Spitze begonnen ? - und dadurch das Risiko der UNTERMINIERUNG (durch entfernen des Auflagers der DARÜBERLIEGENDEN Steine) des verbleibenden Verkleidungsmantels vermieden ?

DIES sind für mich die (bautechnischen) RÄTSEL der beiden Pyramiden !

Bar jeder archeologischen und ägyptologischen Wissensbelastung möchte ich, nur als GEDANKEN-EXPERIMENT gedacht, den Versuch machen, aufgrund aller von mir in meiner Abhandlung dargelegten Überlegungen und Argumente eine HYPOTHESE aufzustellen.

Ungeachtet dessen, daß die für eine Verkleidung der CHEOPS-PYRAMIDE erforderlichen Leistungen in die entsprechenden Berechnung einbezogen sind, gehe ich (hypothetisch) davon aus, daß die CHEOPS-PYRAMIDE (mit der Ausnahme der einen Schar hohen Verkleidung für die Festlegung von Winkel und Richtung) - KEINE BEARBEITETE GESAMTE VERKLEIDUNG hatte.

Als "NACHWEIS ?" biete ich die vorstehende Argumentation an.

Die Konsequenz wäre eine KÜRZERE Bauzeit (bzw. Arbeiterbedarf) für die Pyramide als angenommen, das Problem des Verkleidungs-Abtrages (bis auf die wenigen Schichten) wäre gelöst.

Für die CHEPHREN-PYRAMIDE gehe ich, (ebenfalls hypothetisch), davon aus, daß auch diese Pyramide KEINE GESAMTE VERKLEIDUNG hatte,

sondern die Verkleidung NACHTRÄGLICH, von OBEN (der Spitze) beginnend nach UNTEN durchgeführt, - aber NICHT VOLLENDET wurde. Zu erkennen ist, daß der noch sichtbare Teil der Verkleidung aus vermörtelten, unregelmäßigen (teilweise plattenförmigen) Steinen besteht - und diese in der Größenordnung unter denen (in den Berechnungen) der CHEOPS-PYRAMIDE angenommenen liegen.

Der HOCHTRANSPORT des erforderlichen Stein- u. Mörtelmaterials müßte allerdings STUFENWEISE erfolgt sein, was zwar schwierig, aber bei dem (relativ) geringeren Gewicht der einzelnen Steine durchaus realisierbar erscheint.

Der sichtbare AUFBAU der Verkleidung AUF den darunterliegenden BLOCK-STUFEN und die Art der Mauerung scheinen meine ANNAHME zu bestätigen. Leider konnte ich diese Feststellungen nur mittels Fernglas machen, da ein Besteigen der Pyramide nicht gestattet wurde. - Sicherlich kann an Hand von Detailaufnahmen die Bauweise besser dokumentiert werden.

Der oberflächliche Leser mag mit einer ebenso oberflächlichen Phrase die aufgezeigte Hypothese als reines Hirngespinnst abtun, doch müßte er vorher folgerichtig und fachmännisch den Abtrag der (angenommenen) Verkleidung erklären können.

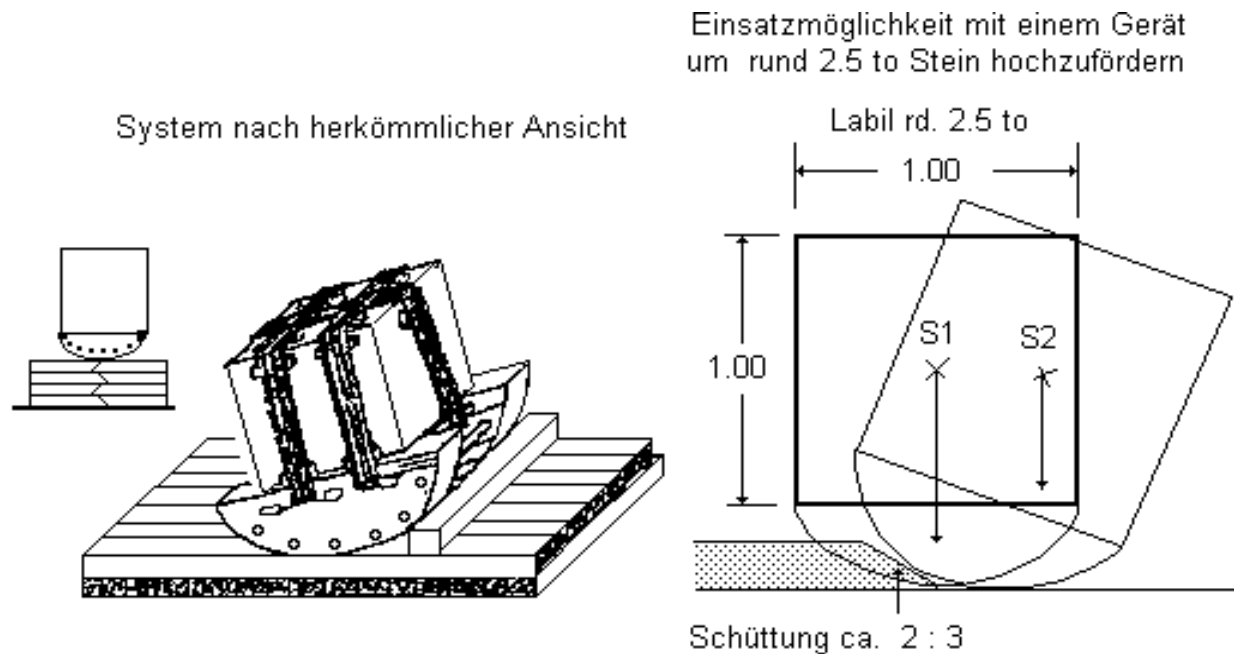
ETWAS ZUM NACHDENKEN !

*

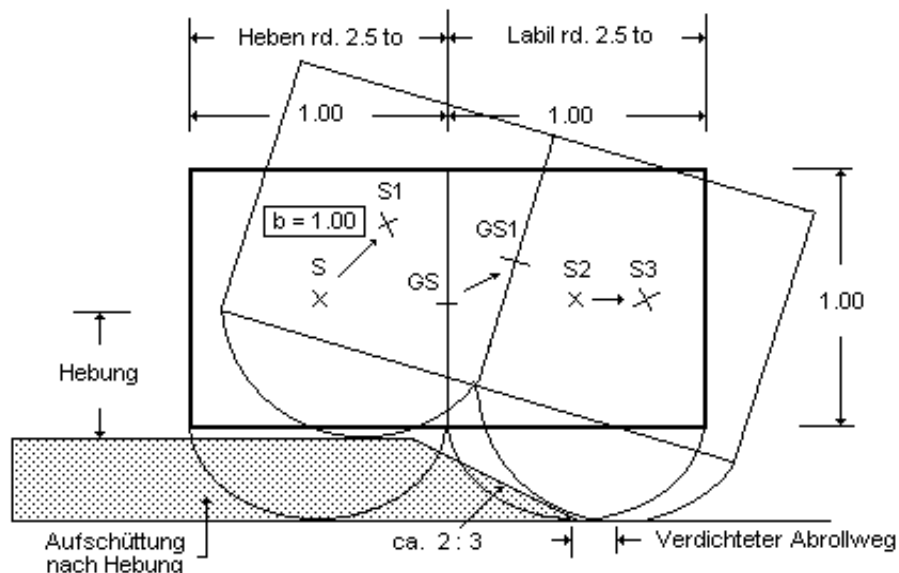
Der "SCHAUKELAUFGUG"

Die Handhabung dieses unter dem Begriff SCHAUKELAUFGUG allgemein bekannten Gerätes (s. Abbildung) wird in vielen Veröffentlichungen beschrieben. Die Masse auf einem Gerät befindet sich dabei immer im LABILEN Zustand.

Um einen Keil unterlegen zu können muß die Unterlage fest sein (in diesem Fall Holzbohlen). - Beim Kippen rollen die Kufen des Gerätes auf die (schräge) Fläche des unterlegten Keiles hinauf. - Nur die Reibung an der Tangente verhindert ein Abgleiten. - Durch Übereinandersetzen mehrerer Keilschichten würde das ganze Auflager instabil und damit GEFÄHRLICH.

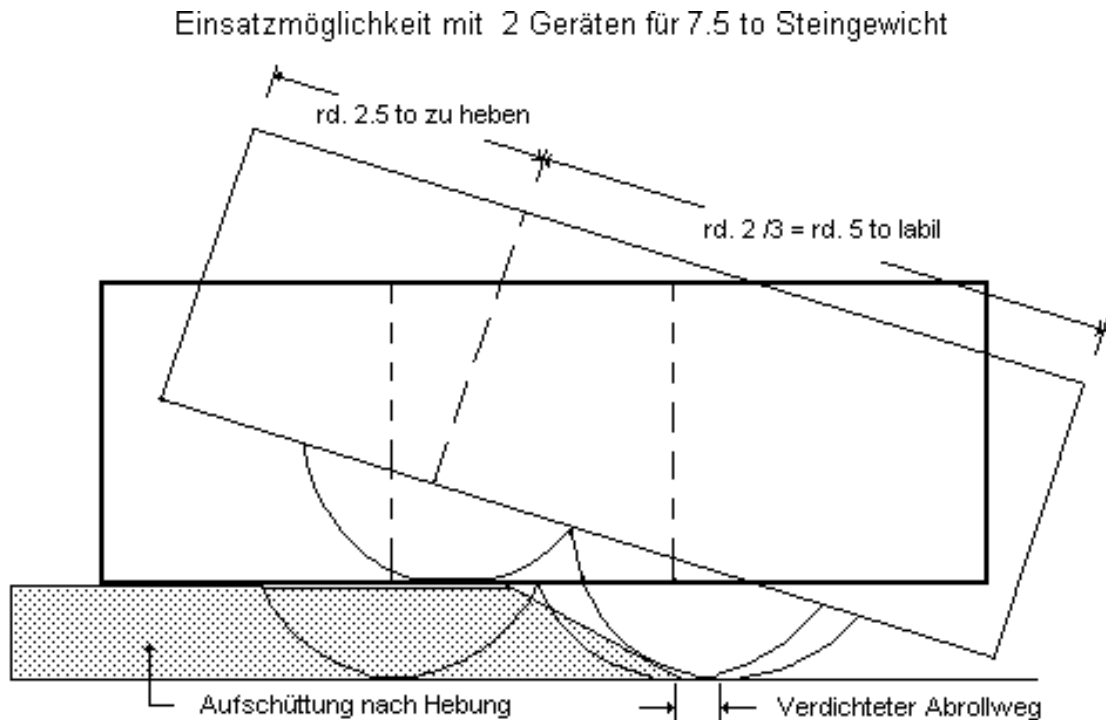


Einsatzmöglichkeit mit 2 Geräten für rd. 5 to Steingewicht



In den Abbildungen sind die verschiedenen Möglichkeiten eines Einsatzes dieses Gerätes dargestellt, wobei der verwendete Kufenradius und die Blockmaße (annahmeweise) nur der einfachen Erklärung dienen sollen. Nach meiner Meinung ist jedoch dieses Gerät nicht als Einzelgerät, - sondern nur PAARWEISE sinnvoll anzuwenden. - Dazu folgende Überlegung: - Betrachten

wir einmal die Kufen als Verdichtungs-Gerät ähnlich einer Walze und setzen jeweils etwa im DRITTEL der Gesamtlast eines dieser Geräte an.



Beim Anheben einer Seite werden rd. $\frac{2}{3}$ der Gesamtlast zum LABILEN Gewicht - das Material im Bereich der Abrollfläche der Gerätekufen wird dabei VERDichtet. Nach Unterfüllung des gehobenen Gerätes mit Schüttmaterial wird diese Ebene zur Abrollfläche, die beim Anheben der anderen Seite verdichtet wird.

Daß das Heben von nur rd. einem Drittel der Gesamtlast in der Praxis leichter zu bewerkstelligen ist, - bedarf wohl keiner besonderen Erklärung. Die wesentlichsten Vorteile aber : die Abrollfläche ist immer HORIZONTAL, - Statt Holz dient Schüttmaterial als Auflager und Arbeitsfläche für die Hebe-Arbeit - und nicht zuletzt die Sicherheit der Arbeitskräfte.

Zweckmäßig sind diese Geräte zum Heben und Positionieren großer Steinblöcke z.B. den schrägen Blöcken beim Eingang und den dachförmigen Decken bei Grabkammern einzusetzen, - NICHT aber um damit Massengut hochzufördern.

In der vorstehenden Abhandlung habe ich die Anwendung dieses Gerätes nicht einbezogen, möchte aber im Zusammenhang auf die TECHNISCHE

Möglichkeit hinweisen, die vielleicht anderen Forschern bei der Lösung ähnlicher Probleme der Hochförderung helfen kann.

*

Nachwort

Wenn interessierte jüngere Forscher meine Argumente überprüfen - sich selbst eine Meinung daraus bilden und damit vielleicht zu neuen Erkenntnissen kommen, so ist damit der Zweck dieser Veröffentlichung erfüllt. Für weitere Detailfragen stehe ich unter nachstehender Adresse gerne zur Verfügung :

Copyright © by Ing. Herbert Pitlik - A 1200 Wien, Leystraße 54 (Österreich)

Ausgabe 2002

Alle Rechte vorbehalten

* * *